ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 DÉCEMBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

COMMÉMORATION DU CINQUANTENAIRE ACADÉMIQUE
DE M. ÉMILE PICARD.

Les Membres de l'Académie des Sciences, de nombreux Confrères de l'Académie Française et de différentes Académies de l'Institut de France se sont réunis avant la séance hebdomadaire pour fêter le Cinquantième anniversaire de l'élection de M. **Émile Picard**.

M. le Président, en ouvrant la séance, offre les félicitations de l'Académie et les siennes à M. Émile Picard, entouré de Mme Picard et de leur famille.

Allocution de M. **Auguste Béhal**.

Mon cher Confrère,

Nous sommes heureux de vous voir parmi nous pour assister à une cérémonie, rare entre toutes, celle du jubilé d'un Membre de l'Institut, à votre jubilé, mon cher Confrère. Vous avez été élu membre de la Section de Géométrie le 11 novembre 1889 et nous fêtons aujourd'hui, avec un peu de retard, ce cinquantième anniversaire de votre entrée à l'Institut.

Interprète de nos Confrères, je vous adresse toutes nos félicitations avec l'expression de notre profonde estime et de notre affectueux respect.

Discours de M. **Alfred Lacroix**,
Secrétaire perpétuel pour les sciences physiques.

Mon cher Ami,

Le 6 mai 1928, dans les salons de la Sorbonne, se pressaient autour de vous une foule d'hommes de science de toutes conditions, élèves d'alors et anciens élèves devenus des maîtres à leur tour, Professeurs d'Universités et d'Écoles françaises et étrangères, Mathématiciens réputés, Délégués de Corps savants proches ou lointains et de nombreux amis.

Cette imposante cérémonie était présidée par un de vos anciens disciples de grande renommée, Painlevé, notre Confrère et Collègue, à ce moment Ministre de la guerre, représentant officiel du Gouvernement et ainsi de notre Pays, Tous étaient réunis pour apporter, à l'occasion de son *Cinquantenaire scientifique*, l'hommage de leur admiration, de leur respect, de leur gratitude au Maître célèbre par son savoir et l'élégance mise à le faire valoir, à l'un des plus brillants représentants de la pensée scientifique de la France.

Neuf ans plus tard, le 6 juillet 1937, ici même, au milieu de nous, le Ministre d'une Nation amie, assistant le Directeur d'un Institut Mathématique fameux, celui de Mittag-Leffler, est venu de Stockholm pour vous remettre un rare présent, sans précédent, *hommage de la Mathématique pure*.

Aujourd'hui, vos Confrères des deux Académies qui considèrent comme un honneur de vous posséder, auxquels se sont joints des membres des autres Compagnies de l'Institut de France, sont groupés pour fêter, *en famille*, votre *Cinquantenaire académique*.

Cinquante ans de fidélité à une Académie paraîtront bien fabuleux à beaucoup. Au départ, un demi-siècle semble devoir être sans fin, mais comme il passe, rapide, dans une vie de travail telle que la vôtre!

J'ai eu la curiosité de chercher combien, à ce point de vue, vous avez eu de prédécesseurs dans l'histoire de notre Académie.

De sa fondation par Colbert, en 1666, à ce jour, 41 cinquantenaires ont été ou auraient pu être fêtés. Parmi les heureux mortels en cause, quatre furent Secrétaires perpétuels de l'Académie des Sciences, et en même temps membres de l'Académie française : Fontenelle, Dortous de Mairan, J.-B. Dumas et Émile Picard.

Si l'on compare notre ancêtre, l'Académie Royale des Sciences, de 1666 à 1793, et celle de l'Institut de France, de 1795 à aujourd'hui, apparaît une différence. Sur ces 41 savants privilégiés, 34 sont entrés à l'Académie avant 1793; la carrière de 19 d'entre eux s'est développée entièrement dans l'ancienne Académie, alors que 15 l'ont achevée sous le régime de l'Institut de France et ce ne furent pas les moindres : Lalande, Antoine-Laurent de Jussieu, Laplace, Lamarck....

Quant aux 7 autres personnages, devenus Académiciens après 1795, ce sont Biot, Mathieu, Dupin, Chevreul, J.-B. Dumas, Faye et vous-même.

Il est facile de comprendre la signification de ces nombres : 34, en 127 ans et 7 seulement en 144. Dans l'ancienne Académie, il existait des échelons à gravir pour atteindre le sommet, celui des pensionnaires; à l'origine, il y eut même des élèves académiciens, plus tard transformés en adjoints : ainsi s'explique le nombre relativement grand de ceux qui furent alors accueillis fort jeunes. Un débutant, qui promettait pour l'avenir ou qui avait des protecteurs puissants, pouvait être reçu « à crédit », quitte à rester en route, s'il ne répondait pas aux espoirs escomptés.

Il n'en est plus ainsi; depuis près d'un siècle et demi, nous vivons sous le régime de l'égalité, il n'existe plus d'échelons; le but ne peut être atteint que de plein pied, mais pour entrer il faut « payer comptant ». Il faut être porteur de titres scientifiques d'importance, et non pas seulement de promesses.

Vous étiez déjà fort riche en titres impressionnants, sans compter beaucoup de promesses, quand, le 11 novembre 1889, à l'âge de 33 ans, vous avez reçu, à peu de voix près, l'unanimité des suffrages de l'Académie. Ce beau succès n'a pas dû vous étonner. N'aviez-vous pas été nommé Maître de conférences à la Faculté des Sciences de Toulouse à 23 ans, et professeur titulaire à la Sorbonne, au minimum d'âge de 30? Vous aviez déjà pris l'habitude d'escalader allégrement les sommets, et cette habitude, vous l'avez conservée.

Arrivé très jeune à l'Académie, plein de talent et d'enthousiasme, d'ardeur et de profondeur dans la recherche, fier de la sympathie de vos Anciens, entouré d'un grand prestige parmi vos contemporains, vous alliez, avec aisance, développer une œuvre magnifique que va évoquer, avec sa haute compétence, l'un des membres de cette Section de Géométrie dont, pendant 28 ans, vous avez été l'un des ornements et qui est formée aujourd'hui uniquement de vos élèves.

Qu'il me soit seulement permis de rappeler que vous n'êtes pas un spécialiste prisonnier d'une unique discipline, si vaste que soit la Mathématique.

Une impatience jamais lassée, éprise de toutes les nouveautés scientifiques, dont vous avez eu la sagesse de ne jamais vous griser, vous a attiré et souvent retenu, non seulement dans les territoires voisins, tels que la Physique, mais jusqu'aux horizons les plus éloignés.

Une insatiable lecture, des plus éclectique, aussi bien littéraire que scientifique, a fait aussi de vous un érudit et un lettré, se plaisant à planer dans le passé autant que dans le présent et à le faire voir en maintes circonstances.

Tout cela était bien connu et apprécié de vos Confrères; aussi, en 1917, à la mort de votre Maître, Darboux, ont-ils été unanimes à vous donner sa place de *Secrétaire perpétuel pour les sciences mathématiques*.

L'étendue de vos connaissances et la coquetterie que vous mettez à ne pas les conserver pour vous seul, votre sympathie pour l'histoire des sciences, les généralisations et les vues philosophiques ont pu, dès lors, se manifester sur un champ plus large et accroître ainsi l'étendue des services à rendre, de cette influence, et de cette autorité, auxquelles vous attachez tant de prix.

Cette fonction nouvelle a compliqué votre existence, jusqu'alors indépendante, et où la méditation tenait une grande place. Elle est en effet absorbante et pleine d'exigence; on ne peut s'en rendre compte qu'une fois placé sous son étreinte. Sa partie extérieure, visible, brillante, se manifeste, chaque lundi, dans cette salle et dans trop de Commissions, académiques ou non.

Le devoir de maintenir intactes nos traditions, les soucis de direction, d'administration, des obligations et des responsabilités de tous genres, à la fois impérieuses et délicates, en constituent l'armature profonde et cachée. La machine académique qui, sans bruit, semble marcher toute seule, exige des soins compétents, précis, minutieux et sans arrêt. Sous toutes ses formes, vous remplissez avec conscience et habileté votre rôle, rôle à la fois aidé et compliqué par ce fait qu'il doit être partagé. J'ai plaisir à me féliciter de la continuité de notre longue collaboration et d'une entente qui n'a jamais cessé d'être cordiale et affectueuse.

Votre action ne s'est pas seulement manifestée dans notre Académie et dans une Académie voisine. Un grand nombre de Corps savants étrangers

vous ont depuis longtemps ouvert leurs portes; aussi, quand, en 1919, a été créé, entre les hommes de science des Puissances alliées et des Neutres de la Grande Guerre, le Conseil international des Recherches, et qu'un hommage solennel a été rendu à notre Pays, ce fut par l'intermédiaire de votre personne : à elle fut confiée la présidence, renouvelée à plusieurs reprises.

Mon compliment, au nom de l'Académie des Sciences, étant terminé, je dois, en ma qualité de *doyen des Secrétaires perpétuels de l'Institut*, vous offrir les félicitations et les souhaits de sa Commission administrative centrale et par suite de l'Institut de France tout entier.

Vous y siégez depuis 1910, vous lui avez apporté toutes vos belles qualités et beaucoup de dévoûment. Là, il ne s'agit plus de science, mais d'administration. Vous vous plaisez à entendre et à discuter toutes les affaires, des plus minimes jusqu'aux plus importantes, et vos conseils sont écoutés avec déférence.

Vous vous êtes intéressé d'une façon singulière à la belle fondation du Duc d'Aumale. Pendant de nombreuses années vous avez présidé la Commission spéciale de Chantilly, faisant prévaloir les solutions de prudence, d'économie et de prévoyance dont, quand sont venus les mauvais jours, la sagesse a été reconnue, . . . à l'extérieur, un peu tardivement peut-être.

Mon cher ami,

Nos Confrères, désireux de vous offrir un témoignage d'estime et d'amitié plus tangible et plus durable que des paroles, ont ouvert entre eux une souscription, dirigée par l'excellent organisateur qu'est notre Confrère Villat. Un statuaire de grand talent, M. A. Morlon, s'est chargé de fixer vos traits dans le bronze.

Le beau buste qui se trouve devant vos yeux, et dont je félicite l'auteur, vous rappellera cette séance, en vous prouvant que la confraternité académique n'est pas un vain mot.

Cet objet d'art est destiné à vous seul et aux vôtres. La générosité des souscripteurs l'ayant permis, le même artiste a gravé, avec le même bonheur, cette médaille à votre effigie, que nous vous offrons, mais ce précieux souvenir n'est pas que pour vous, il sera aussi pour nous-mêmes.

Nous avions fait le projet de vous en ménager la surprise, mais, à

l'expérience, il a fallu reconnaître que chercher à faire garder un secret, fût-ce même par des hommes, est une tâche qui dépasse les forces humaines!

Discours de M. **Émile Borel**, *Membre de la Section de Géométrie.*

Mon cher Maître,

Lorsque vous êtes devenu le plus jeune membre de la Section de Géométrie, elle comprenait Charles Hermite, Ossian Bonnet, Camille Jordan, Gaston Darboux, Henri Poincaré; son doyen d'élection, Joseph Bertrand, était devenu Secrétaire perpétuel. Tous nous ont été enlevés, ainsi que la plupart de ceux qui leur avaient succédé, Paul Appell et Édouard Goursat, qui avaient été vos camarades d'École; Georges Humbert, qui était aussi presque votre contemporain, et Paul Painlevé, prématurément disparu, qui avait été l'un de vos premiers élèves et auquel serait normalement revenu l'honneur de prendre la parole aujourd'hui. Je sens tout le poids d'un tel honneur et mesure les difficultés de ma tâche; je ne puis, en effet, m'empêcher de me revoir en ce mois de novembre 1889, où, deux fois par semaine, j'écoutais avec admiration et ferveur vos paroles dans un amphithéâtre de la vieille Sorbonne. C'est bien timidement que je vins vous trouver après votre Cours et essayai de vous exprimer combien vos jeunes camarades de l'École Normale se réjouissaient de votre brillante élection; ils avaient le sentiment naïf de participer quelque peu à l'éclat qui en rejaillissait sur la maison de la rue d'Ulm, où votre passage comme élève et comme Maître de conférences était encore si récent. Appartient-il aujourd'hui à l'élève de parler des travaux de son maître?

Fort heureusement, il n est pas besoin et il ne vous plairait point d'ailleurs, que l'on recherche parmi les épithètes les plus rares et les plus louangeuses, celles qui conviendraient le mieux à votre personne et à votre œuvre; pour vous rendre l'hommage qui vous est dû par la Section de Géométrie, il suffira d'énoncer avec simplicité quelques faits et de rappeler ainsi quelques-unes des raisons pour lesquelles tous les mathématiciens vous placent, d'une voix unanime, à côté des plus grands géomètres des siècles passés. Le plus récent témoignage de ce consentement général a été la remise qui vous fut faite de la Médaille Mittag-Leffler, il y a deux ans, dans cette même salle.

*
* *

Votre premier travail original, thèse de doctorat, date de 1877; c'est un Mémoire de géométrie *sur les surfaces réglées dont les génératrices appartiennent à un complexe linéaire;* l'année suivante paraît votre Mémoire *sur les surfaces algébriques dont les sections planes sont unicursales*, où vous résolvez complètement la question posée en montrant qu'à côté de la solution naturelle fournie par les surfaces réglées unicursales, il y a une autre solution plus cachée et d'ailleurs unique, la surface de Steiner. Ce Mémoire marque la transition entre vos premiers travaux de géométrie et vos recherches sur la difficile et neuve théorie des fonctions algébriques de deux variables. Vous n'avez jamais cessé de poursuivre ces recherches, parallèlement à vos autres travaux, et vous avez renouvelé cette branche de la Science, grâce notamment à l'emploi systématique des intégrales doubles, et surtout des intégrales de différentielles totales qui généralisent les intégrales abéliennes et auxquelles votre nom reste attaché.

Les géomètres italiens qui ont étudié ces mêmes questions, d'un point de vue surtout géométrique, ont témoigné fréquemment du fait que cette théorie fondamentale n'existerait pour ainsi dire pas, si l'on en retranchait les progrès qui vous sont dus. Votre grand *Traité des fonctions algébriques de deux variables* restera longtemps classique; vous l'avez complété dans plusieurs cours de la Faculté des Sciences, dont l'un fut rédigé par un de vos élèves en 1930-1931, *Quelques applications analytiques de la théorie des courbes et surfaces algébriques*; le cycle de vos publications sur les fonctions algébriques de deux variables couvre ainsi plus d'un demi-siècle. Il faudrait y rattacher beaucoup d'autres travaux d'arithmétique et d'algèbre, mentionner tout au moins les fonctions que vous avez nommées hyperfuchsiennes et hyperabéliennes, mais la matière est trop riche, et je dois parler maintenant de vos Mémoires d'analyse, sans avoir la possibilité de les énumérer. J'en détacherai trois théories dont vous avez été le créateur, et qui, fort différentes entre elles, ont cependant ce caractère commun que, inspiré par un point de départ algébrique, vous avez, à trois reprises, créé chaque fois un chapitre de l'analyse entièrement nouveau.

*
* *

En 1879, vous avez découvert la propriété des fonctions entières, célèbre depuis lors sous le nom de *Théorème de Picard*. Au cours des soixante années

écoulées, de nombreux Mémoires sur ce sujet n'ont cessé de paraître dans les Recueils mathématiques de toutes langues; l'exposition des résultats issus de votre théorème exigerait plusieurs volumes. On peut cependant résumer en quelques lignes l'idée essentielle qui, dès vos premières publications, anime tous ces résultats. On sait que les équations algébriques obtenues en égalant à zéro un polynome, ont des solutions en nombre égal au degré de ce polynome. L'extension de ce théorème fondamental de l'algèbre aux fonctions entières, qui sont en quelque sorte des polynomes de degré infini, paraissait impossible puisque, dans ce cas, certaines équations n'ont aucune solution. L'idée que vous avez eue, et qui s'est révélée extraordinairement féconde, est la suivante : pour obtenir la généralisation souhaitée, il suffit d'introduire dans l'énoncé une restriction, visant un cas d'exception possible, dont on pourra affirmer qu'il est unique; ce cas exceptionnel, unique, a été appelé le cas d'exception de M. Picard. Grâce à cette notion du cas exceptionnel, d'innombrables résultats ont été acquis dans l'étude des zéros des fonctions entières; la régularité et l'ordre ont régné dans un domaine où paraissait se manifester l'incohérence la plus complète.

Cette introduction des cas exceptionnels a d'ailleurs été précieuse dans bien d'autres questions et a permis d'obtenir des théorèmes fort importants, bien que leur énoncé comporte une restriction; sans votre théorème on n'aurait sans doute pas songé de longtemps à de tels énoncés.

*
* *

L'emploi de la méthode des approximations successives pour la résolution numérique des équations algébriques était depuis longtemps classique; en appliquant la même méthode aux équations différentielles, puis aux équations aux dérivées partielles, vous avez, ici encore, réalisé une transposition hardie dans le domaine de l'analyse de résultats acquis en algèbre. Ceux-là seuls pourraient estimer insuffisamment la valeur d'une telle transposition, qui ne réfléchiraient pas à la longue période au cours de laquelle cette généralisation aurait pu sembler naturelle à de nombreux mathématiciens, sans qu'aucun d'eux cependant n'ait tenté et réussi ce qui paraît aujourd'hui si simple à ceux qui ont étudié vos Mémoires.

*
* *

Il en est de même pour l'extension de la théorie de Galois aux équations différentielles linéaires ; un demi-siècle s'est écoulé entre la publication des travaux immortels de Galois et le Mémoire où vous en donnez cette généralisation inattendue.

Faut-il ajouter que, dans le cas des approximations successives comme dans celui de la théorie de Galois, les voies que vous avez ouvertes ont été suivies par beaucoup de vos élèves et des résultats nouveaux s'ajoutent constamment à ceux que vous avez découverts?

*
* *

La brièveté du temps qui m'est imparti me force à omettre un grand nombre d'importantes publications ; je ne pense pas cependant que leur étude modifierait l'impression qui se dégage de celles que j'ai trop rapidement résumées. Lorsque vous quittez le domaine de l'arithmétique et de l'algèbre, c'est-à-dire du fini, pour entrer dans le domaine de l'analyse, c'est-à-dire de l'infini, vous ne perdez jamais le contact avec votre point de départ algébrique. C'est peut-être là le secret de la solidité de vos travaux et de leur durée, dont l'avenir paraît mieux assuré à mesure que le temps s'écoule ; les constructions neuves et hardies dont vous fûtes l'architecte et l'ouvrier s'élèvent toutes sur des fondements solides et l'on pourra, pendant des siècles, leur superposer de nouveaux étages.

Doit-on chercher aussi dans cette présence constante, bien que parfois invisible, de l'algèbre, l'origine de ce que l'on serait tenté d'appeler votre philosophie de la science, si nous ne savions que vous n'aimez guère cette expression. La véritable éloquence se moque de l'éloquence ; en serait-il de même pour la philosophie? Le sculpteur ne se pose pas de questions anxieuses sur la réalité métaphysique du marbre, qui résiste à son ciseau et se transforme en œuvre d'art. Le savant doit travailler de même, en bon ouvrier, sans se laisser distraire de son labeur quotidien par des inquiétudes philosophiques.

*
* *

Mais je reviens à mon sujet, c'est-à-dire aux mathématiques, car il me reste à accomplir la partie la plus agréable, mais aussi la plus difficile de

ma tâche : vous exprimer la reconnaissance de tous vos élèves. Parmi eux, il faut compter, à de bien rares exceptions près, tous les mathématiciens de tous les pays, dont beaucoup suivirent vos cours, tandis que les autres furent les élèves de vos élèves, ou les lecteurs de votre célèbre *Traité d'analyse* où l'on retrouve une des plus brillantes périodes de votre enseignement; il faut y compter aussi beaucoup de savants qui ne sont pas mathématiciens et qui, grâce à vous, peuvent plus efficacement se servir des mathématiques. Même si je bornais mon ambition à parler au nom des seuls mathématiciens, pour que les remercîments qui vous sont dus aient leur pleine signification, il faudrait qu'ils s'inspirent de toutes les idées neuves et de toutes les découvertes suggérées par votre enseignement et par vos travaux, et ceci supposerait une connaissance presque totale de l'ensemble de la science mathématique, connaissance que je suis bien loin de posséder. Je dois donc me borner à évoquer ces disciples innombrables, répandus dans le monde entier, dont les pensées d'admiration et de gratitude se tourneront vers vous lorsque les ondes hertziennes leur apporteront les échos de cette cérémonie.

Je voudrais, en terminant, rappeler un témoignage de l'attachement et de la reconnaissance de vos élèves. Lorsque vous avez fait votre dernier cours à la Faculté des sciences, tous ceux d'entre eux qui étaient présents à Paris, et notamment tous les membres actuels de la Section de Géométrie, ont tenu à y assister. Ils se sont sentis rajeunis en vous retrouvant tel qu'ils vous avaient connu, bien des années auparavant, lorsque chacun d'eux goûtait la joie incomparable d'être initié à la science qu'on a choisie par un maître dont la parole élégante vous élève, presque sans effort, jusque vers les sommets d'où l'on découvre les lointaines perspectives de régions encore inexplorées.

Tous vos auditeurs ont pensé ce jour-là et ils pensent encore, chaque fois qu'ils vous écoutent, que, s'il était possible de régler la délicate question des limites d'âge et des retraites au moyen de décisions individuelles, inspirées par le seul souci de l'intérêt public, vous pourriez et vous devriez, pendant de nombreuses années encore, continuer votre enseignement à la Faculté des Sciences, pour le plus grand bien de notre jeunesse, et pour le rayonnement universel de la science française.

Discours de M. **Maurice de Broglie**, *de l'Académie Française,*
Membre de l'Académie des Sciences.

Mon cher et vénéré Confrère,

L'Académie Francaise est heureuse de s'associer à l'hommage que les membres de l'Académie des Sciences viennent rendre en ce jour à leur doyen d'élection, à leur Secrétaire perpétuel pour les sciences mathématiques, au très éminent géomètre dont le nom honore l'Institut tout entier.

Vous faites partie de l'Académie Française depuis 1924; un assez grand nombre de membres de l'Académie des Sciences vous avaient précédé dans cette Compagnie et, parmi eux, beaucoup de noms illustres viennent entourer le vôtre : D'Alembert et Maupertuis, Buffon et Cuvier, Laplace, Fourier, Flourens, Claude Bernard, Biot, J.-B. Dumas, Marcelin Berthelot et Pasteur, Joseph Bertrand et Henri Poincaré, pour ne citer que les plus grands. Vous êtes le huitième Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences dans la liste glorieuse qui, de Fontenelle à Berthelot, perpétue une longue tradition d'union entre les deux classes de l'Institut également fières aujourd'hui de vous compter parmi leurs représentants.

L'œuvre mathématique qui a ouvert à 33 ans à M. Émile Picard les portes de la Section de Géométrie de l'Académie des Sciences, en rendant célèbre dans le monde entier un nom que la postérité n'oubliera pas, vient d'être retracée par M. Émile Borel, avec toute l'autorité qui convenait à cette tâche. Les ouvrages de philosophie des sciences, les vies de savants, les exposés si remarquables et si nombreux où M. Émile Picard a su réunir les plus brillantes qualités du style à la profondeur des pensées, comme aux jugements les plus sûrs, font preuve d'une activité d'esprit d'une ampleur exceptionnelle.

M. Picard s'est beaucoup occupé des théories de la physique depuis les plus anciennes jusqu'à celles, d'un caractère si différent, qui ont ouvert à la science contemporaine des horizons parfois un peu déconcertants; son regard pénétrant, que les années n'ont pas affaibli, en aperçoit les beautés comme les fissures avec une hauteur de vues vraiment admirable.

Au cours des séances, consacrées par l'Académie Française à la rédaction de son Dictionnaire, il se présente inopinément des termes spéciaux qui appartiennent à tous les domaines de la science; les regards de ses Confrères

se tournent alors vers la place occupée par M. Émile Picard et chacun se tait pour écouter les définitions exactes et concises qu'il sait apporter aussitôt, même pour des branches du savoir très éloignées des mathématiques pures. Là, comme ailleurs, il sait tout, comprend tout et porte en tous points la lumière et la sagesse d'une vie tout entière consacrée à la méditation des problèmes de la connaissance.

En passant d'une salle du Palais de l'Institut à la voisine, la voix de M. Émile Picard trouve, auprès de ceux qui l'entendent, la même audience et la même autorité, qui témoignent de la culture universelle de l'un des plus grands esprits de ce temps.

Discours de M. **Émile Picard**.

Je suis très touché, mes chers Confrères, de l'honneur que me font les membres de l'Institut de France en fêtant le cinquantenaire de mon élection à l'Académie des Sciences, et je vous remercie, mon cher Président, des sentiments que vous m'exprimez au nom de cette Académie.

Permettez-moi de reporter un instant ma pensée sur les membres de la Section de Géométrie, telle qu'elle était en juin 1889 après la mort de Halphen, dont la place devenait vacante. Ses membres étaient alors Charles Hermite, Ossian Bonnet, Camille Jordan, Gaston Darboux et Henri Poincaré. Le doyen de la Section était Charles Hermite qu'avaient rendu célèbre ses travaux sur les fonctions abéliennes et sur les formes algébriques, ainsi que ses profondes recherches sur la théorie des nombres, où il avait introduit le continu dans le domaine du discontinu. Les travaux d'Ossian Bonnet avaient porté surtout sur des questions de géométrie générale et sur la théorie des surfaces applicables. On lui doit aussi de remarquables Mémoires sur quelques développements en séries, en particulier les séries trigonométriques et les séries de fonctions de Laplace. Camille Jordan avait poussé jusqu'à leur dernier terme l'étude des questions posées par les travaux d'Evariste Galois, en énumérant toutes les circonstances que peut présenter la résolution des équations algébriques. Jordan nous apparaît encore dans ses études sur les groupes de mouvements comme un précurseur de la théorie des groupes de transformations, qui tiennent une grande place dans les mathématiques de notre temps. Précurseur, il le fut aussi dans la géométrie de situation et dans la théorie des fonctions de variables réelles. Gaston Darboux, à une époque où les

méthodes de l'analyse mathématique et celles de la géométrie étaient par quelques-uns opposées les unes aux autres, a montré par son œuvre l'inanité de telles distinctions. Il pensait, comme Monge, le rénovateur de la géométrie moderne, que l'alliance de l'Analyse et de la Géométrie est utile et féconde, et dans des ouvrages d'une rare perfection il sut utiliser à la fois les raisonnements géométriques et les ressources de l'Analyse mathématique. Les mathématiciens, dans leurs spéculations théoriques, sont des artistes et des poètes dans le monde des nombres et dans celui des formes sans qu'il y ait à faire de réelles distinctions. Henri Poincaré était le dernier élu dans la Section de géométrie. Peu de mathématiciens eurent comme lui le talent de faire rendre à l'esprit mathématique tout ce qu'il était à chaque instant capable de donner, et l'on admire la maîtrise avec laquelle il savait créer l'outil le mieux approprié aux questions qu'il étudiait. Il ne resta étranger à aucune des sciences parvenues à un stade assez avancé pour être susceptible de prendre, au moins dans quelques-unes de leurs parties, la forme mathématique, et il a été aussi un critique pénétrant des théories de la Physique.

Les cadres de l'Académie des sciences ont peu varié depuis 50 ans. Même, dans ses grandes lignes, l'arrêté du 3 Pluviôse an XI (1803) nous régit encore. Notre Académie est toujours partagée en deux grands groupes divisés en sections, sciences mathématiques et sciences physiques. On peut même remarquer, ce qui étonne quelquefois, que la Section de Physique appartient à la division des sciences mathématiques. Nous avons rappelé tout à l'heure qu'il est des sciences à un stade assez avancé pour prendre une forme mathématique dans le développement de quelques-unes de leurs théories. C'est probablement cette idée qui guida les organisateurs de l'an III, et elle n'a pas perdu aujourd'hui même son intérêt. Rappelons-nous aussi que la valeur des classifications et des règlements dépend de l'esprit dans lequel on les applique. La Section de Géométrie a compté souvent très peu de géomètres au sens étroit du mot; de même, notre Section de Minéralogie, malgré son libellé, a compté de nombreux géologues. Nos Sections, depuis longtemps déjà, ne prennent plus au sens étroit le vocable qui les désigne.

Messieurs, on a rappelé souvent que la science a un caractère essentiellement collectif. L'évolution des idées y est lente en général, et longuement préparée; c'est ce qui rend souvent l'histoire des sciences difficile à écrire, quand on veut retrouver la première trace d'une idée appelée à un grand avenir. La science est l'œuvre de générations de chercheurs, dont la plus

haute récompense, comme disait un jour Pasteur, est de créer un mouvement par lequel ils sont eux-mêmes dépassés.

Il y a cependant de loin en loin des époques où des voies inattendues s'ouvrent à la recherche scientifique, soit par l'introduction de points de vue essentiellement nouveaux, soit par la découverte de faits nouveaux de grande importance, époques où l'on pourrait parler de révolutions brusques. C'est ce qui s'est produit dans les 50 dernières années, comme le montrent quelques exemples empruntés à la Mécanique et à la Physique.

La Mécanique classique considérait la masse comme un élément invariable. Une Mécanique plus générale professe aujourd'hui que la masse varie avec la vitesse; de plus, la variation de la masse et celle de l'énergie sont liées par une relation où figure la vitesse de la lumière, résultat bien singulier pour ceux qui considéraient la matière et l'énergie comme deux entités distinctes.

La découverte de la radioactivité est venue aussi troubler nos idées sur l'inertie de la matière, telle que l'envisageait la Mécanique classique. On découvrit en effet, en 1896 et dans les années suivantes, que quelques corps émettent divers rayonnements par suite de leur décomposition *spontanée*. Antérieurement, en 1895, avaient été découverts les rayons X, résultant de la rencontre des rayons cathodiques avec une substance matérielle. Après quelques hésitations, il fut établi que les rayons X sont des radiations du type de la lumière avec des longueurs d'onde extrêmement petites. On reconnut bientôt que parmi les rayonnements du radium, deux d'entre eux portent des charges électriques, le troisième étant de la nature des rayons X avec une énorme puissance de pénétration.

Toutes ces découvertes mettaient entre les mains des physiciens et des chimistes des armes nouvelles d'une grande puissance. Entre temps, s'était développée une théorie de l'atome regardé comme formé d'un noyau à charge positive autour duquel circulaient des électrons négatifs. Les rayonnements obtenus formèrent une artillerie avec laquelle on chercha avec succès à démolir l'atome et à obtenir des transmutations de matière, réalisant le rêve des anciens alchimistes. Chose plus étrange encore, il est possible de transformer la matière en radiations, et les radiations en matière.

Une doctrine nouvelle, celle des *Quanta*, est venue aussi apporter un trouble profond dans la Physique. D'après elle, dans tout phénomène périodique, le quotient de l'énergie par la fréquence est multiple d'une certaine constante universelle. On peut en déduire diverses conséquences

d'un grand intérêt philosophique. En particulier, la critique des instruments employés pour mesurer les phénomènes montre comment ces mesures peuvent troubler ceux-ci, et cette conclusion impose une limite à notre connaissance du monde, connaissance que borne en quelque sorte la constante universelle indiquée plus haut, qui est heureusement extrêmement petite. En même temps se sont trouvées soulevées des questions relatives au déterminisme et au principe de causalité.

Depuis trois siècles, les mathématiques jouent un rôle important dans les théories que construisent les physiciens, et pendant longtemps on a cru saisir la réalité des choses dans une théorie physique. Or il arrive, que, dans un même chapitre de la science, une théorie explique mieux certains phénomènes, tandis que d'autres phénomènes seront mieux expliqués par une autre théorie. C'est ce qui arriva par exemple en Optique avec la théorie de l'émission et celle des ondulations. On en tira la conclusion qu'une théorie n'est qu'un moule, analytique ou géométrique, utile et fécond pour la représentation d'une catégorie de phénomènes. Ne pourrait-on pas cependant tenter parfois une conciliation entre deux théories différentes, quoique Vauvenargues ait écrit : « Il est plus aisé de dire des choses nouvelles que de concilier celles qui ont été dites ». Or, n'en déplaise à l'auteur des *Maximes*, la conciliation entre la théorie de l'émission et celle des ondulations s'est faite d'une manière remarquable avec la *Mécanique ondulatoire*. C'est encore là un exemple des découvertes mémorables faites récemment, où l'on voit la Mathématique et la Physique s'associer dans une belle harmonie.

Mais je dois m'arrêter. Que de notions nouvelles ont depuis 50 ans transformé certaines parties de la science. Je souhaite à nos Confrères de voir pendant leur vie académique autant de progrès scientifiques que ceux réalisés depuis un demi-siècle. On a dit parfois avec quelque scepticisme que dans la science le mystère recule toujours à mesure que la recherche se fait plus pénétrante; peut-être, en effet, comme l'ont pensé d'éminents philosophes, restera-t-il toujours pour l'homme quelque irrationnel dans la nature. Mais on a dit aussi avec raison : « C'est parce que la science n'est sûre de rien qu'elle avance toujours ».

Mon cher Lacroix, vous venez d'évoquer le souvenir de notre collaboration depuis vingt-deux ans, comme Secrétaires perpétuels de l'Académie des Sciences. Le travail avec vous est facile. En même temps qu'un savant dont l'autorité en Minéralogie et dans l'étude des volcans est universellement reconnue, vous êtes aussi un administrateur joignant la prudence à une

hardiesse qui vous a conduit à d'utiles créations. Le salut de notre Commission administrative centrale que vous m'apportez me touche profondément. Cette Commission joue un rôle important dans cette maison. La bonne volonté de ses membres aplanit sans peine les difficultés pouvant se rencontrer dans un organisme qui doit respecter l'indépendance de chaque Académie et veiller en même temps aux intérêts de l'Institut dont il a la charge.

Mon cher Borel, je vous remercie du souvenir affectueux que vous m'apportez de la part des Membres de la Section de Géométrie; ils ont suivi jadis mes Cours à la Sorbonne, et veulent bien se dire mes élèves, quoiqu'ils aient été beaucoup plus loin que moi dans des questions où je n'avais fait que les premiers pas. Vos beaux travaux sur la théorie des fonctions contiennent des résultats de haute importance et ont eu de grands prolongements; je n'en rappellerai qu'un seul : dans la théorie des fonctions de variables complexes, c'est le fait d'être *monogène* et non celui d'être *analytique* qui joue le rôle essentiel. J'ai indiqué tout à l'heure la valeur des travaux de la Section de Géométrie de 1889. Ceux de la Section de 1939 sont dignes de leurs aînés, et l'École Mathématique française continue à honorer grandement notre pays.

Cher Monsieur de Broglie, je suis très sensible aux souhaits que vous m'apportez de la part de l'Académie française. Que de choses j'apprends dans nos réunions du jeudi, et tout d'abord à donner de bonnes définitions, ce qui est un art difficile. Vous conservez comme moi le souvenir des intéressantes conversations et des échanges d'idées auxquels donne lieu le travail du Dictionnaire. Nous nous efforçons aussi parfois d'introduire dans cette révision de nouveaux termes scientifiques. Il y faut de la prudence, car on doit éviter les termes techniques qui ne seraient pas à leur place dans un dictionnaire d'usage, mais je ne prétends pas que la limite entre le scientifique et le technique soit toujours facile à trouver.

Je dois enfin exprimer toute ma reconnaissance à mon Confrère et ami Henri Villat qui a bien voulu s'intéresser à ce jubilé et en organiser la partie artistique avec le sculpteur M. Morlon. Le buste et la médaille qui me sont offerts par mes Confrères de l'Institut de France témoignent du beau talent de cet artiste; ils seront pour moi un précieux souvenir de la cérémonie à laquelle nous a conviés l'Académie des Sciences.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des Fêtes de Noël et de la Nouvelle année, les prochaines séances ordinaires auront lieu les mercredi 27 décembre et 3 janvier au lieu des lundi 25 et 1er.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Relation simple entre les fréquences d'une même molécule à l'état gazeux et à l'état liquide.* Note [1] de M. **Henri Deslandres**.

La Note actuelle est la suite de trois Notes présentées sous le même titre les 2 novembre et 27 décembre 1938 et le 23 octobre 1939. Elle prolonge tout particulièrement la 3e Note, en ajoutant au titre primitif : Relation simple entre les fréquences d'une même molécule à l'état gazeux et à l'état liquide.

Dans la 3e Note, avec la formule (1) $\nu = qd_1/s'r'$, j'ai analysé les fréquences de composés similaires de l'hydrogène H et du deutérium D qui sont les molécules PH^3 et PD^3, H^2, HD et D^2, C^6H^6 et C^6D^6 [2]. On analyse la fréquence en recherchant les nombres s', r' et q, qui, portés dans la formule (1), reproduisent la fréquence avec un résidu très faible. Or les nombres s' ainsi déterminés sont les mêmes pour les deux composés similaires de H et de D, les nombres r' et q étant seuls différents, et ces nombres s' se retrouvent dans la liste *Act*, qui est déduite immédiatement de la formule chimique des composés, et présente les nombres d'électrons activés successivement par anneaux et sous-anneaux à partir de l'extérieur dans les deux parties de la molécule. Il en résulte une confirmation

---

(1) Séance du 4 décembre 1939.

(2) Je rappelle que ν est une fréquence de la molécule, d_1 étant la constante universelle 1062,5, s' étant le nombre des électrons activés dans un atome ou groupe d'atomes de la molécule, r' et q étant des nombres entiers. En général la molécule se divise en deux parties qui s'activent mutuellement et doivent émettre des fréquences égales ou très peu différentes.

nouvelle de la formule (1) et de son lien avec les divisions naturelles des électrons dans l'atome.

La même Note signale un autre fait curieux : la fréquence de PH^3 gaz est égale à $131 d_1/15 \times 4$ et la fréquence un peu inférieure de PH^3 liquide à $130 d_1/15 \times 4$, 15 étant un nombre s' commun à P3a. et $PH^2$2a. De même, les fréquences de PD^3 gaz et PD^3 liquide sont égales aux harmoniques 122 et 121 de $d_1/7 \times 10$. A noter cependant que ce rapprochement est valable seulement lorsque les mesures des fréquences ont une précision suffisante. Avec les deux molécules précédentes, il y a cette garantie que les mesures ont été faites par les mêmes personnes avec les mêmes instruments.

J'ai recherché si d'autres molécules offrent les mêmes particularités. Les molécules pour lesquelles les fréquences du gaz et du liquide ont été mesurées sont assez nombreuses; en général, la fréquence du liquide est un peu inférieure à celle du gaz, et la fréquence du solide un peu inférieure à celle du liquide; mais il semble qu'il y a des cas, assez rares d'ailleurs, où la variation est en sens inverse, comme avec la molécule du soufre, examinée ci-dessous. La différence est faible et souvent trop faible pour permettre un examen utile, car alors les erreurs inévitables des mesures apportent une gêne trop grande. J'ai écarté les molécules pour lesquelles la différence est inférieure à 8 cm^{-1} et celles dont toutes les mesures n'ont pas été faites dans des conditions identiques.

Parmi les molécules retenues, je citerai les molécules SiH^4, S^2, NH^3, ClH et ClD, C^2H^2 et C^2D^2, dont je présente aujourd'hui l'analyse, résumée dans le tableau XX ci-contre ([3]).

La molécule SiH^4 est fort intéressante; la fréquence principale du gaz est un multiple de $d_1/17$, avec le résidu le plus faible, et le nombre s' 17 correspond à l'arrangement des atomes SiH^3 — H, qui s'annonce comme le plus fréquent.

La différence avec la fréquence principale du liquide est 12 cm^{-1}, et 12 est égal à $d_1/17 \times 5 - 0,5$. Les deux fréquences sont ainsi les multiples n°s 175 et 174 d'une même fréquence élémentaire qui est elle-même

---

([3]) Les fréquences du tableau sont extraites des deux Ouvrages de Magat de 1935 et 1937 et des Mémoires suivants : Si H^4 par Still et Yost (*J. Chem. Phys.*, 4, 1936, p. 82); S^2 par Venkateswaran (*Proc. Indian Akad.*, 3, 1936, p. 25); NH^3 par Lewis et Houston (*Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 903); Cl H par Salent et Sandow (*Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 371); C^2H^2 par Glocker et Davis (*J. Chem. Phys.*, 4, 1936, p. 15).

Tableau XX. — *Analyse de fréquences infrarouges de molécules.*

Liste *Act.* — Nombres *s′* d'électrons des anneaux (a.), et sous-anneaux (a′.) activables dans les atomes et groupes d'atomes des molécules SiH^4, S^2, NH^3, ClH et ClD, C^2H^2 et C^2D^2.

	SiH^4.			S^2.	NH^3.				ClH et ClD.	C^2H^2 et C^2D^2.				
	Si.	H^4.	SiH^3.	S.	N.	NH^2.	N^2H^5.	N^3H^8.	Cl.	CH.	C^2H.	C^2H^2.	C^4H^3.	
1 a′	2		5	4	3	5	11	17	5	3	5	6	11	1 a′.
1 a.	4	4	7	6	5	7	15	23	7	5	9	10	19	1 a.
2 a′.	10		13	12					13					2 a′.
2 a.	12		15	14	7	9	19	29	15	7	13	14	27	2 a.
3 a.	14		17	16					17					3 a.

Molécule et mode d'excitation.	Intensité entre ( ) et fréquence de la radiation en cm^{-1}.	Multiple correspondant de $d_1/s'r'$ et résidu.		Nombre *s′* d'électrons activés dans l'atome ou groupe d'atomes et nombre des anneaux activés.
SiH^4 gaz Raman	$\nu=$ (4,8) 2187	$=175d_1/17\times 5$	$-0,5$	17 de SiH^3 3 a.
SiH^4 liquide Raman	$\nu=$ (7,8) 2175	$=174d_1/17\times 5$	$-0,0$	id.
SiH^4 gaz Raman	$\nu=$ 2187	$=35d_1/17$	$-0,5$	id.
18 élect. 2 fréq.		$33d_1/4\times 4$	$-4,4$	4 de Si 1 a. et de H^4.
		$68d_1/11\times 3$	$-2,4$	11 de Si^- 2 a′. et 3 de H^{4+} ou 1 1 de SiH 2 a′.
		$72d_1/5\times 7$	$+1,3$	5 de SiH^3 1 a′. et 7 de SiH^3 1 a.
		$103d_1/10\times 5$	$-1,7$	10 de Si 2 a′.
		$107d_1/13\times 4$	$+0,7$	13 de SiH^3 2 a′.
SiH^4 liquide Raman	$\nu=$ 2175	$=43d_1/7\times 3$	$-0,6$	7 de SiH^3 1 a.
2 fréquences.		$45d_1/11\times 2$	$+1,7$	11 de SiH 2 a′.
		$82d_1/10\times 4$	$-3,0$	10 de Si 2 a′.
		$92d_1/15\times 3$	$+2,8$	15 de SiH^3 2 a.
		$133d_1/13\times 5$	$+1,0$	13 de SiH^3 2 a′.
S cristal rhombe	$\nu=$ (5) 88	$=10d_1/12\times 10$	$-0,6$	12 de S^2 1 a. ou 48 de S^8 1 a.
S liquide Raman	$\nu=$ (2) 80	$=9d_1/12\times 10$	$+0,3$	id. ou 24 de S^4 1 a.
NH^3 gaz Raman	$\nu=$ (5) 3334,1	$=88d_1/7\times 4$	$-5,2$	7 de N 2 a. et de NH^2 1 a.
10 élect. 5 fréq.		$91d_1/29$	$+0,0$	29 de N^3H^8 2 a.
		$179d_1/19\times 3$	$-1,9$	19 de N^2H^5 2 a.
NH^3 liquide Raman	$\nu=$ (5) 3300	$=87d_1/7\times 4$	$-1,0$	7 de N 2 a. et de NH^2 1 a.
6 fréquences.		$90d_1/29$	$+2,6$	29 de N^3H^8 2 a.
		$177d_1/19\times 3$	$+0,6$	19 de N^2H^5 2 a,
	$\nu=$ (4) 3480	$=95d_1/29$	$-0,6$	29 de N^3H^8 2 a.
ClH gaz Raman	$\nu=$ 2885,5	$=19d_1/7$	$+1,6$	7 de Cl 1 a.
18 élect. 1 fréq.		$171d_1/7\times 9$	$+1,6$	id.
ClH liquide Raman	$\nu=$ 2800	$=166d_1/7\times 9$	$+0,4$	id.
ClD liquide Raman	$\nu=$ 2041	$=121d_1/7\times 9$	$+0,4$	id.
C^2H^2 gaz Raman	$\nu=$ (10) 1973,8	$=13d_1/7$	$+0,6$	7 de CH 2 a.
14 élect. 5 fréq.		$130d_1/7\times 10$	$+0,6$	7 de CH 2 a. et 10 de C^2H^2 1 a.
C^2H^2 liquide Raman 14 élect. 6 fréq.	$\nu=$ (10) 1959	$=129d_1/7\times 10$	$+1,0$	id.
C^2D^2 liquide Raman	$\nu=$ (6) 1761	$=116d_1/7\times 10$	$+0,3$	id.
C^2H^2 gaz Raman	$\nu=$ (3) 3373,7	$=181d_1/19\times 3$	$-0,2$	19 de C^4H^3 1 a.
C^2H^2 liquide Raman	$\nu=$ (5) 3336,8	$=179d_1/19\times 3$	$+0,2$	id.
C^2H^2 gaz Raman	$\nu=$ (1) 643,0	$=46d_1/19\times 4$	$-0,1$	id.
C^2H^2 liquide Raman	$\nu=$ (5) 630,7	$=45d_1/19\times 4$	$+1,6$	id.

un sous-multiple de $d_1/17$. Cette relation est semblable à celle déjà reconnue dans les molécules PH^3 et PD^3; elle est aussi à rapprocher des résultats déjà publiés sur la vapeur d'eau et l'eau liquide, dont le spectre mesuré est le plus complet et le plus étendu de tous ceux relevés jusqu'ici, surtout dans l'infrarouge lointain ([4]).

Le tableau donne l'analyse complète de ces deux fréquences principales de SiH^4. Les nombres s' tirés de cette analyse se retrouvent dans la liste *Act* des nombres d'électrons activables, liste déduite de la formule chimique de la molécule. Or, et c'est un point sur lequel il convient d'insister, malgré la faible différence des deux fréquences, les nombres s' du gaz se retrouvent aussi dans la fréquence du liquide, mais accolés à des nombres r' et q différents. Les autres molécules du tableau, dont l'analyse complète n'est pas insérée, offrent la même permanence de ces nombres. En fait, ces nombres s', liés étroitement aux anneaux et sous-anneaux des atomes, interviennent dans toutes les phases, dans tous les états de la molécule, et leur importance est grande.

Le tableau présente ensuite une fréquence du soufre cristallisé rhomboïdal et la fréquence correspondante du soufre liquide. La première est un multiple de $d_1/12$, et 12 est le nombre d'électrons des deux premiers anneaux de l'atome. D'après l'étude avec les rayons X, le cristal serait la molécule S^{16}, et le liquide la molécule S^8, ce qui peut s'accorder avec l'analyse.

Les deux fréquences principales de NH^3 gaz et liquide sont analysées ensuite; la première est un multiple de $d_1/7$; et les deux sont des multiples de $d_1/7 \times 4$, 7 étant un nombre s' commun à N et au radical NH^2. Les deux fréquences sont aussi des multiples de $d_1/19 \times 3$ et $d_1/29$, 19 et 29 étant les nombres d'électrons des radicaux rattachés au dimère et au trimère de la molécule, et comme une 2ᵉ fréquence du liquide est aussi un multiple de $d_1/29$, on peut en inférer que le trimère prédomine dans le liquide.

Avec les deux autres molécules du tableau ClH et C^2H^2, les fréquences du gaz et du liquide offrent les mêmes particularités. On a pu leur adjoindre la fréquence du composé correspondant du deutérium à l'état liquide. Or

---

([4]) Se reporter à la Note des *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1424, consacrée au spectre infrarouge de l'eau. Le nombre s' 17 du radical SiH^3 peut intervenir dans les spectres de rotation et de vibration de la même manière que les nombres s' 7 et 9 du radical OH dans le spectre de l'eau. La même remarque s'applique aux nombres s' 19 et 29 de NH^3 et C^2H^2.

les trois fréquences sont les multiples d'une même fréquence élémentaire. De plus la molécule C^2H^2 offre trois groupes de fréquences gaz et liquide, et à chaque groupe est attachée une fréquence élémentaire différente. Si les conditions sont les mêmes qu'avec l'eau ordinaire OH^2, toutes ces fréquences élémentaires doivent se retrouver comme fréquences de rotation dans l'infrarouge lointain.

La relation simple reconnue entre les fréquences du gaz et du liquide avec les deux composés du phosphore se retrouve dans les cinq autres molécules du tableau; même elle a été étendue à plusieurs fréquences de la même molécule et à plusieurs nombres s' de la même fréquence. De plus l'analyse révèle des polymères qui sont plus nombreux dans le liquide. Il reste à rechercher pourquoi la fréquence du liquide est un peu inférieure à celle du gaz, pourquoi les fréquences élémentaires sont différentes dans une même molécule et quelles sont les conséquences à tirer de ces faits sur l'état de la molécule du liquide. Ces points importants seront discutés dans une Note ultérieure ([5]).

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Tourbillons électroconvectifs instantanés dans une couche d'air chargée de fumée de tabac.* Note de M. **Douchan Avsec**, présentée par M. Henri Villat.

Lors de mes études sur les tourbillons thermoconvectifs dans l'air en vue d'applications météorologiques ([1]), j'avais pensé que l'électricité doit aussi jouer un rôle dans la formation des mouvements tourbillonnaires. Cette idée a été l'origine d'expériences que j'ai faites ultérieurement en collaboration avec M. M. Luntz, et par lesquelles nous avons démontré qu'un champ électrique suffisamment intense peut provoquer dans une couche fluide des *tourbillons électroconvectifs* ([2]), semblables aux tour-

([5]) La plupart des fréquences du tableau sont des nombres entiers sans partie décimale. Cette étude sera reprise lorsque les fréquences seront mesurées avec une précision plus grande.

([1]) *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, n° 155, 1939.

([2]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1140; 204, 1937, p. 420 et 757.

billons thermoconvectifs. Les résultats ne furent nets que dans les liquides isolants. J'ai repris en 1938-39 les mêmes expériences dans les gaz; grâce à un dispositif expérimental perfectionné, j'ai pu produire dans une couche d'air chargée de fumée de tabac de belles formations tourbillonnaires de durée relativement courte [tourbillons électroconvectifs instantanés (3)].

La chambre d'expériences, entièrement en glaces, a la forme d'un canal de 110^{cm} de longueur, de 45^{cm} de largeur et de 2 à 6^{cm} de hauteur. Ce canal est prolongé d'un côté par un autre canal en bois; ainsi on peut à volonté expérimenter dans l'air au repos, ou bien dans l'air en mouvement de translation.

Dans la première Note, je décrirai seulement le développement des tourbillons cellulaires *instantanés* dans une couche *au repos*.

On introduit dans la chambre d'expériences, dont la sortie est hermétiquement fermée, de la fumée de tabac. La fumée blanche et épaisse couvre le fond entier du canal, en constituant une couche de 3 à 5^{mm} d'épaisseur nettement séparée de la couche d'air supérieure. Si l'on produit un champ électrostatique, qui dans les gaz peut descendre à 1000 volt/cm, un mouvement organisé s'amorce dans la couche de fumée. La figure 1 représente schématiquement quelques phases caractéristiques du phénomène.

Première phase. — On observe à la surface de la couche de fumée l'apparition spontanée de cavités; au fur et à mesure qu'elles s'approfondissent, la fumée s'accumule en crêtes aiguës; la formation vue d'en haut donne alors l'impression d'un filet à mailles polygonales.

Deuxième phase. — De chaque nœud du filet surgit un jet vertical; si le champ électrique est suffisamment intense, ces jets se heurtent contre le plafond du canal, sinon, ils s'arrêtent à une hauteur inférieure et commencent à former des calottes hémisphériques à pôle supérieur; le jet et la calotte forment un *parapluie*.

Troisième phase. — L'ascension de fumée continue jusqu'au moment où toute la fumée accumulée dans le réseau polygonal est passée dans les *parapluies;* quand les calottes de ces derniers se heurtent, la fumée qu'elles contiennent est rejetée vers le bas, tant sous la poussée de la fumée des jets ascendants qu'à cause de sa propre inertie.

Quatrième phase. — La fumée se mélange progressivement avec l'air; le mouvement initialement organisé en cellules polygonales s'amortit; bientôt toute la masse paraît être uniformément opaque, sans caractère d'une structure cellulaire et sans aucune trace d'un mouvement tourbillonnaire organisé.

Si l'épaisseur de la couche de fumée est au moins de $1/10^{e}$ de la hauteur

---

(3) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 750.

de la chambre d'expériences, la structure réticulaire provoquée par le champ électrique est assez régulière. Elle l'est moins pour des épaisseurs infé-

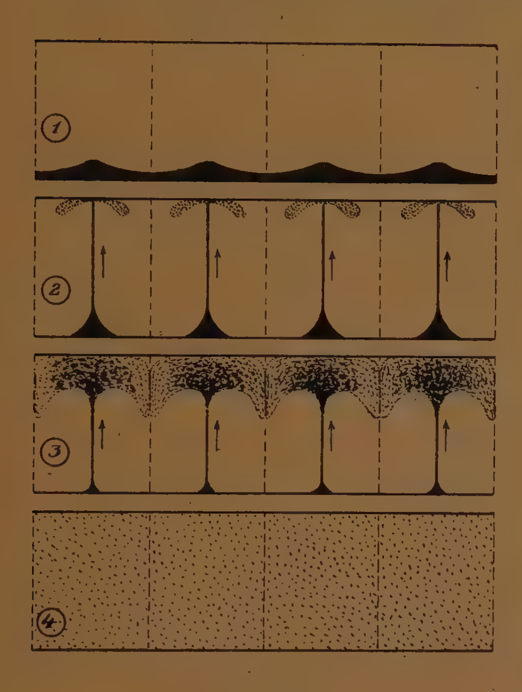


Fig. 1.

Fig. 2.

rieures. Cependant l'emploi des couches minces est très avantageux pour la photographie des calottes de fumée fine qui se développent au-dessus des jets verticaux (3e phase); en effet, la fumée blanche qui au début occupait la face inférieure de la chambre d'expériences est vite épuisée; cette face forme alors un fond noir sur lequel le voile de fumée fine constituant les calottes donne d'excellents contrastes lumineux.

La figure 2, photographiée lors d'une expérience où l'épaisseur de la couche de fumée était de 2^{mm} et celle du canal de 60^{mm}, reproduit de telles calottes en état de croissance (la largeur de la figure est égale à 115^{mm}).

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Étude magnétooptique de la neutralisation.* Note (¹) de MM. **Fernand Gallais** et **Daniel Voigt**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les différentes méthodes physiques qui ont été utilisées pour suivre la réaction des acides et des bases ont apporté une telle contribution à la connaissance de la neutralisation et de la constitution même des acides et des bases qu'il semble intéressant d'en augmenter le nombre, en dehors de toute idée d'application à l'analyse chimique.

Les mesures (²) ont montré directement que le pouvoir rotatoire magnétique d'une molécule d'eau est inférieur à celui de l'ion oxhydrile; l'ion hydrogène, n'ayant aucun pouvoir rotatoire magnétique, on pouvait donc prévoir que la réaction

$$[H]^+ + [OH]^- = OH^2 \qquad \text{(I)}$$

doit se traduire par une diminution d'effet Faraday.

C'est cette hypothèse que nous nous sommes attachés à vérifier avec l'espoir qu'elle pourrait fournir une méthode d'étude de la neutralisation. Nous avons suivi par des mesures d'effet Faraday certaines réactions acide + base en appliquant la méthode des variations continues.

La figure 1 se rapporte à la réaction de l'acide chlorhydrique sur la soude en solutions normales. La courbe I représente la rotation magnétique observée pour le milieu en fonction de sa composition; on voit qu'elle est constamment au-dessous de la droite qui exprimerait la loi d'additivité des rotations, et que l'écart Δ (courbe II) passe par un minimum très net pour une concentration de soude (50 %) qui correspond exactement à la neutralité chimique (conditions expérimentales : doubles rotations sous une chute de potentiel magnétique de 46.10^3 gauss × cm, pour la radiation verte du spectre d'arc du mercure).

Nous avons rassemblé sur la figure 2 les écarts auxquels donne lieu, dans les mêmes conditions expérimentales, la formation d'une molécule d'eau par la neutralisation de différents acides par la soude. [Les écarts exprimés en minutes ont été déterminés pour les radiations vertes (courbe I) et indigo (courbe II) du mercure, à trois concentrations C.]

On observe l'influence des facteurs habituels; les acides les plus *forts*

(¹) Séance du 27 novembre 1939.

(²) Cf. par exemple, Suhner, *Dipl. ét. sup.*, Nancy, 1931.

donnent les plus grands écarts : l'acide acétique donne un effet plus faible que l'acide sulfurique et surtout que l'acide chlorhydrique. Les écarts augmentent aussi avec la *concentration*. Enfin, dans le cas d'un acide

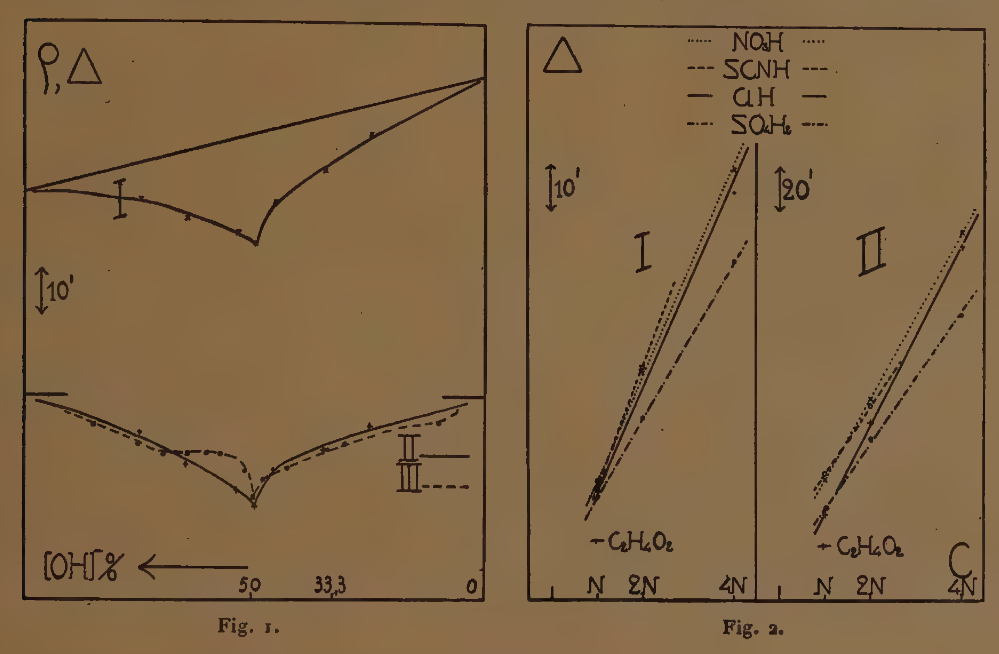


Fig. 1.

Fig. 2.

polyvalent comme l'acide sulfurique, la méthode de variation continue utilisée ne permet pas de mettre en évidence les étapes de la neutralisation.

On peut voir sur la figure 1 que la courbe des écarts (courbe III) a une ordonnée appréciable dans la majeure partie de la région acide; mais que la neutralisation du premier hydrogène de SO^4H^2 (OHNa 33,3 %) ne s'y marque pas nettement.

Si ces constatations correspondent bien à ce que l'on pouvait prévoir, il n'en est pas de même des résultats fournis par l'acide nitrique et l'acide thiocyanique. La neutralisation de ces deux acides s'accompagne d'une diminution d'effet Faraday égale et même supérieure à celle qui accompagne la neutralisation d'un acide aussi *fort* que l'acide chlorhydrique.

Ce comportement ne peut être attribué à la présence éventuelle d'une impureté, cause d'erreur contre laquelle nous nous sommes prémunis.

Mais ce que l'on connaît de *l'acide nitrique* permet d'interpréter dans son cas cette apparente anomalie.

On sait que les solutions de cet acide renferment, en proportion d'autant plus grande qu'elles sont plus concentrées, une forme complexe où ne figure pas

l'ion $[NO^3]^-$ qui caractérise les nitrates ([3]). Les mesures de Perkin ([4]), examinées à la lumière de ce fait, indiquent d'ailleurs que cette forme a un pouvoir rotatoire magnétique beaucoup supérieur à celui de la forme ionisée, car, au fur et à mesure que la dilution augmente, le pouvoir rotatoire de l'acide diminue.

On peut admettre que l'isomérisation complète qui accompagne la neutralisation ajoute ses effets à ceux de la réaction (I) et est responsable de la diminution exceptionnelle de la rotation magnétique observée à cette occasion.

L'hypothèse d'une transition électronique permet aussi d'interpréter le cas de l'*acide thiocyanique*.

L'un de nous a montré ([5]) que le pouvoir rotatoire magnétique des esters isothiocyaniques surpasse beaucoup celui des esters thiocyaniques. S'il existe, dans les solutions examinées, de l'acide isothiocyanique, sa transformation en thiocyanate alcalin provoque une diminution supplémentaire d'effet Faraday de la neutralisation.

Notre résultat expérimental apporte donc une raison de penser que l'acide existant dans les solutions aqueuses est, au moins pour une part, de l'acide isothiocyanique.

Ces deux exemples montrent en tout cas que l'on peut espérer atteindre par l'étude magnétooptique de la neutralisation, un aspect de cette réaction qui échappe aux méthodes classiques.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Les interactions moléculaires dans les solutions. Leurs effets sur la rotation des dipôles dans un champ alternatif.* Note de MM. **Pierre Girard** et **Paul Abadie**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude expérimentale de la dispersion et de l'absorption des solutions de dipôles soumises à l'action d'un champ hertzien dont on fait varier la fréquence (la température étant fixée) nous a montré l'influence variant avec leur structure qu'ont sur cette dispersion et sur cette absorption les molécules non polaires du diluant qui, elles, n'absorbent ni ne dispersent.

C'est la comparaison de la dispersion et de l'absorption de telles solutions avec celles des liquides purs correspondants qui montre cette importante influence. En fait, au lieu des variations de ε' et de ε'', nous

---

([3]) Cf. les Ouvrages de Pascal, Gmelin-Kraut.

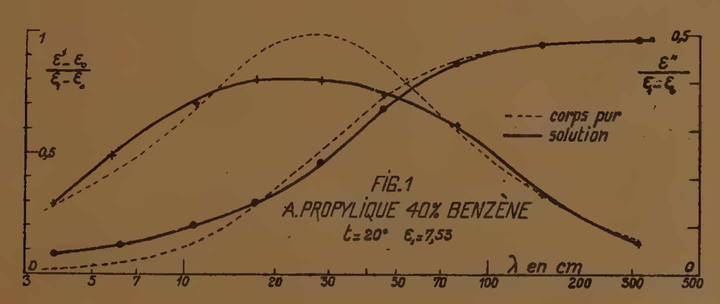
([4]) *J. Chem. Soc.*, 55, 1889, p. 680; 63, 1893, p. 65.

([5]) F. Gallais, *J. Chim. Phys.*, 36, 1939, p. 99.

envisagerons, ainsi qu'on le fait d'habitude, les variations en fonction des λ de $\varepsilon' - \varepsilon_0/\varepsilon_1 - \varepsilon_0$, qui nous renseignent sur la dispersion et de $\varepsilon''/\varepsilon_1 - \varepsilon_0$ qui nous renseignent sur l'absorption. Les courbes obtenues pour des liquides purs très différents (alcools, aldéhydes, cétones, acides, eau etc.) sont alors les mêmes; seule variera d'un liquide pur à l'autre leur position sur l'axe des λ.

Pour les solutions, l'essentielle difficulté de l'étude expérimentale de la dispersion et de l'absorption provient de l'obligation de descendre jusqu'aux λ centimétriques. Les énormes volumes liquides qu'exige l'application des méthodes optiques rendent celles-ci inutilisables. Nous avons donc mis au point pour ces très courts λ une méthode dérivée de la première méthode de Drude, avec un système symétrique de trois fils de Lecher; les réflexions sur la paroi antérieure du tube contenant le liquide étant fortement atténuées.

La figure 1 reproduit en traits continus les courbes de dispersion et

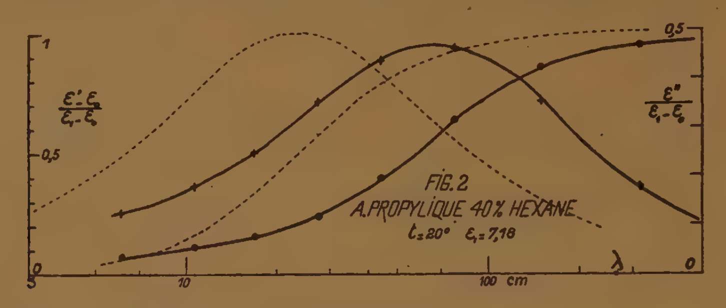


d'absorption d'une solution d'alcool propylique dans le benzène, et en traits discontinus les mêmes courbes relatives à l'alcool propylique pur, supposé ramené à la viscosité de la solution benzénique. On sait en effet que, pour un liquide pur déterminé, c'est de cette viscosité, variable avec la température, que dépend la position des courbes sur l'axe des λ.

Au lieu des courbes typiques qu'on obtiendrait avec un liquide pur quelconque, la courbe de dispersion de la solution est plus longue et plus aplatie; la courbe d'absorption considérablement aplatie et élargie. Tout se passe comme si la rotation des dipôles d'alcool dans le champ alternatif, bien que commençant pour de petites valeurs de λ ($< 1^{cm}$), était très gênée et freinée par l'action qu'exercent sur eux à distance les molécules de benzène. Van der Waals avait déjà fait la remarque que, au sein d'un liquide pur, la distribution symétrique des molécules autour d'une molécule donnée, impliquait une résultante nulle des interactions moléculaires.

Ainsi s'expliquent les courbes identiques des différents liquides purs. Au contraire, ces interactions apparaissent entre molécules hétérogènes (et aussi entre les molécules de même sorte) dès que la dilution commence à détruire cette symétrie. Ce sont les effets de ces interactions que la figure 1 montre clairement pour la solution benzénique.

Dans la figure 2, les mêmes intervalles entre les mêmes dipôles d'alcool



propylique sont remplis non plus par des molécules de benzène (molécules cycliques), mais par des molécules d'hexane (chaînes droites). Les déformations par rapport aux courbes de l'alcool pur, dont la viscosité est supposée ramenée à celle de sa solution dans l'hexane, sont moins marquées que pour la solution benzénique. En revanche un effet nouveau apparaît : le déplacement considérable des courbes de la solution vers les grands λ. Ce déplacement apparaîtrait aussi si la viscosité de la solution dans l'hexane était plus grande que celle de l'alcool pur, ce qui n'est pas le cas.

Nos courbes de solution (surtout celles relatives au benzène) rappellent beaucoup les courbes calculées par Yager (1), dans l'hypothèse de plusieurs temps de relaxation (τ) des dipôles.

Cette multiplicité des τ, la théorie mathématique de Debye et Ramm (2) la prévoit en effet comme une conséquence d'un empêchement de rotation imaginé pour expliquer la faible polarisation du liquide pur par rapport à celle de ses vapeurs ou de ses solutions. On voit que dans la solution cet empêchement de rotation est limité à la région de dispersion et d'absorption des dipôles; il n'influence pas les valeurs de la C. D. statique et de la polarisation, qui est plus forte que celle de l'alcool pur. Pour ce dernier d'ailleurs les courbes de dispersion et d'absorption conduisent à n'admettre qu'un τ.

---

(1) *Physics*, 7, 1936, p. 434.
(2) *Annal. der Physik*, 28, 1937, p. 28.

En résumé, de la dispersion et de l'absorption des solutions dans le hertzien résulte une méthode (nécessairement comparative) pour l'étude expérimentale des interactions moléculaires. C'est la première possibilité qui nous est offerte de pénétrer de façon directe dans ce domaine inexploré dont on peut prévoir l'importance.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur une propriété des radiocolloïdes.* Note de Mlle **Catherine Chamié** et Mme **Branca Edmée Marques**, présentée par M. Jean Perrin.

Une méthode plus sensible que la centrifugation a été décrite [1], permettant de mettre en évidence les groupements d'atomes des radiocolloïdes en milieu acide. Nous avons vérifié cette méthode pour des cas variés et nous l'avons appliquée à une étude quantitative du phénomène.

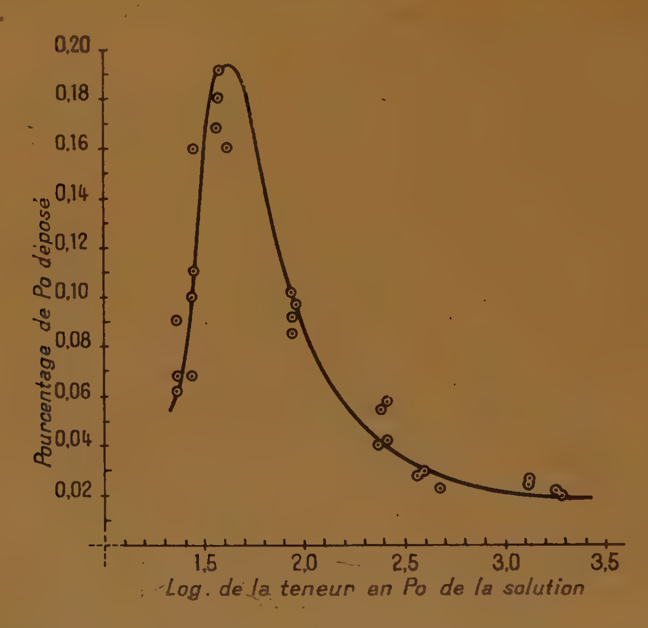
Vérification de la méthode. — Des expériences ont été faites avec du Po (polonium) en solution NO^3H normale qu'on versait après centrifugation sur une surface plane de paraffine. Après avoir enlevé la solution, on mettait la surface de la paraffine en contact avec une plaque photographique qui, après développement, montrait les groupements d'atomes de Po que la paraffine avait captés. Comme NO^3H et HCl sont volatils, on pouvait penser qu'une couche infiniment mince restait adhérée à la surface de la paraffine et s'évaporait en y abandonnant son activité. Or, les mêmes résultats ont été obtenus avec une solution normale de SO^4H^2. Par contre, un sel de baryum radifère en solution NO^3H normale, dépourvu de son dépôt actif et de son émanation, n'abandonne pas d'activité sur la paraffine, et la photographie ne laisse apercevoir que quelques points parasites accidentels. La paraffine peut être remplacée par de la stéarine, à condition que son refroidissement soit rapide quand on la fait couler sur une surface plane pour éviter la formation de gros cristaux.

On peut conclure, que ni la nature de la solution acide, ni la nature de la surface ne sont responsables de la formation de groupements d'atomes dont la cause tient à la nature du radioélément qui, en solution faiblement acide, se comporte comme un colloïde et garde encore une certaine probabilité de former des groupements en solution fortement acide, ce que les cristalloïdes ne font pas.

---

(1) Mlle C. Chamié, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1300. Cette Note contient la bibliographie de la centrifugation des radiocolloïdes.

Expériences quantitatives. — Les mesures de l'activité retenue par la paraffine ont permis de construire la courbe ci-dessous qui représente le pourcentage de Po déposé en fonction des logarithmes de la teneur en Po de la solution NO^3H normale. La quantité de Po en solution variait de 20 à 2000 U.E.S. (²); le temps de contact avec la paraffine était de 5 minutes.



Il semblerait que par rapport au poids de la solution qui était de $1^g,5$, la variation de la teneur en Po ne pouvait produire aucun effet pour ces concentrations infinitésimales de l'ordre de 10^{-9} g à 10^{-7} g, et, cependant, la courbe le met bien en évidence. Avec son maximum, la courbe ressemble à une courbe de probabilité de Gauss. Pour les abscisses croissantes, cette courbe confirme une expérience antérieure (³) faite avec une solution de l'ordre de 10^{-2} N, d'après laquelle le pourcentage de Po centrifugé diminue quand la concentration en Po augmente. Il est possible qu'en prolongeant la courbe vers les abscisses faibles, la courbe donne encore un maximum; on pourrait, dans ce cas, la représenter par deux fonctions exponentielles comme une superposition de deux courbes en cloches (⁴).

(²) On sait qu'une U.E.S. de Po est égale à $1,69 \cdot 10^{-10}$ gramme.

(³) Mlle C. Chamié et M. Haïssinsky, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1229.

(⁴) D'après la Note précédente on aurait alors

$$y = A e^{-K_1(\chi-\chi_1)^2} + B e^{-K_2(\chi-\chi_2)^2}.$$

Par son aspect général, la courbe ressemble aux courbes qui ont été obtenues par centrifugation du Po dans des solutions faiblement acides ou basiques dans lesquelles on faisait varier le titre de la solution; il est intéressant de constater que la variation de la teneur en Po d'une solution fortement acide de titre constant permet d'obtenir une courbe analogue par un autre procédé.

CONCLUSION. — *Le pourcentage de groupements colloidaux qu'une solution fortement acide abandonne sur la paraffine est fonction de la teneur en* P_0 *de la solution.* Ce fait peut être considéré comme une propriété des radiocolloïdes par laquelle ils se distinguent des cristalloïdes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la vitesse de formation du chlorhydrate de métanitraniline.* Note [1] de Mme **Dora Markowska**.

I. La cinétique de l'absorption du gaz chlorhydrique par la métanitraniline est un troisième exemple du type de réactions dont j'ai entrepris l'étude [2].

Les techniques et la préparation de l'acide ne sont pas modifiées. L'amine, R. P., a été purifiée par recristallisation de sa solution aqueuse, desséchée à froid en présence d'acide sulfurique, fondue, pulvérisée, et tamisée au moyen d'un jeu de tamis de soie. Dans chaque expérience, l'épaisseur initiale e_0 des grains est conventionnellement repérée par la dimension de fréquence maxima apparaissant sur la courbe en cloche qui résulte de l'étude micrométrique de la répartition.

II. L'évolution d'échantillons pulvérisés obéit à la formule de G. Valensi [3], qui, compte tenu de la densité du chlorhydrate de métanitraniline, $d_4^{20} = 1,468$, que j'ai déterminée par la méthode de mise en suspension dans des mélanges de tétrachlorure de carbone et de xylène, s'écrit dans le présent cas particulier

$$F(m) \equiv 5,3215 - (1-m)^{\frac{2}{3}} - 4,3215(1+0,2314m)^{\frac{2}{3}} = \mathcal{K}\frac{t}{e_0^2}.$$

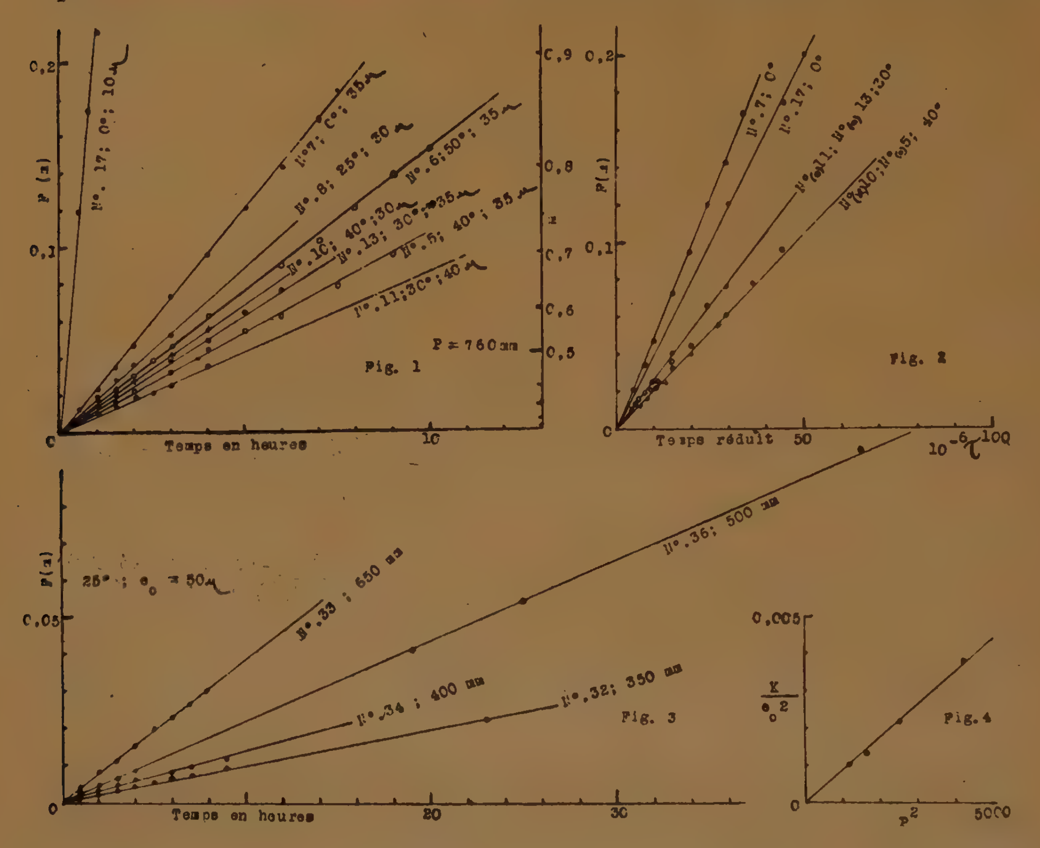
Je rappelle que m représente la fraction ayant réagi à l'instant t, et $\mathcal{K}$ une constante liée aux conditions physiques.

(1) Séance du 4 décembre 1939.

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1648 et 1727.

(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 309 et 414; *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 668.

III. La vérification de cette équation apparaît sur les figures 1 et 2, rélatives à la pression de 760^{mm}, pour diverses températures et diverses épaisseurs, ainsi que sur la figure 3, relative à la température de 25° et



l'épaisseur de 50^{μ}, pour diverses pressions. Les ordonnées résultent des valeurs numériques de $F(m)$ pour les degrés de transformation mesurés. Le temps en heures est porté en abscisse, sauf sur la figure 2, où la variable choisie est le quotient $\tau = t/e_0^2$, ou *temps réduit*. Cette représentation comparée à la précédente, accuse l'influence de l'épaisseur qui, bien que n'obéissant pas rigoureusement à la loi proposée, vu sa définition difficile, rapproche, au point de les confondre *quelquefois*, des isothermes de pentes très différentes.

IV. L'influence de la température est tout à fait comparable à celle déjà observée pour le système acide chlorhydrique-β-naphtylamine (*loc. cit.*); la vitesse de neutralisation passe par un *minimum* vers 30-40°.

V. La loi d'influence de la pression, se retrouve également identique,

imposant l'ordre 2 par rapport à l'atmosphère gazeuse. Ceci résulte, d'une part, de la figure 4 où les pentes de la figure 3 sont représentées en fonction du carré de la pression, et d'autre part, de diverses expériences *isochores* non rapportées ici.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application des mesures de tension superficielle à la détermination des sels doubles en solution.* Note [1] de MM. **Georges Arcay** et **Marcel Marcot**.

De nombreuses propriétés physiques ont été utilisées pour la mise en évidence des sels doubles dans les solutions. Nous avons employé la tension superficielle pour cette détermination, spécialement dans le cas des sels doubles *chlorure mercurique-chlorure alcalin*.

Nous avons préparé des mélanges en proportions variables de solutions équimoléculaires de chaque sel. Au cours de nos premières recherches, malgré tout le soin apporté à nos mesures nous n'avons trouvé que des résultats très inconstants : des mélanges préparés de façon identique ne donnaient jamais les mêmes points remarquables sur la courbe des tensions superficielles en fonction de la concentration de l'un des sels. Une étude systématique de toutes les causes d'erreur nous a montré qu'il était indispensable d'utiliser une technique spéciale : les solutions doivent être mélangées goutte à goutte, de telle façon qu'elles soient toujours dans les mêmes proportions que dans le mélange final. On ajoutera ainsi une goutte de chlorure mercurique à deux gouttes de chlorure alcalin, lorsqu'on réalise un mélange contenant 33 °/₀ du premier et 66 °/₀ du second, en agitant vivement au moyen d'une baguette de verre parfaitement propre. Cette homogénéisation doit être faite immédiatement et rapidement, sinon l'on s'expose à trouver dans la couche superficielle des proportions variables d'une expérience à l'autre des complexes dont la formation est possible.

Nos mesures ont été faites à l'aide du tensiomètre absolu de Lecomte du Noüy. Avec le chlorure de potassium par exemple, les solutions contenant 1/5ᵉ de molécule-gramme par litre, nous avons obtenu les résultats ci-après :

(1) Séance du 27 novembre 1939.

ClK % ([a]).	T ([b]).	ClK % ([a]).	T ([b]).	ClK % ([a]).	T ([b]).	ClK % ([a]).	T ([b]).
0	73,0	35	68,2	50	67,0	66,6	66,5
5	72,7	36	68,7	52	67,1	70	66,9
10	72,4	38	69,1	54	67,2	75	66,6
15	72,0	40	69,5	55	67,3	80	66,3
20	70,0	41	69,3	57	67,8	85	65,8
25	69,0	43	68,7	60	68,0	90	65,7
30	68,3	45	68,3	62	67,5	95	65,6
33,3	68,0	48	67,8	65	67,0	100	65,0

([a]) Nombre de molécules de ClK dans 100^{mol} du mélange ClK + Cl^2Hg.
([b]) Tension superficielle (dynes/cm.).

La courbe traduisant ces résultats présente trois minima, correspondant aux points 33,3 %, 50 %, 66,6 %, c'est-à-dire aux sels doubles $2Cl^2Hg.ClK$, $Cl^2Hg.ClK$, $Cl^2Hg.2ClK$, que d'autres méthodes avaient pu mettre en évidence.

Avec le chlorure de sodium, les minima sont beaucoup moins marqués qu'avec le chlorure de potassium, mais sont apparents néanmoins aux mêmes points.

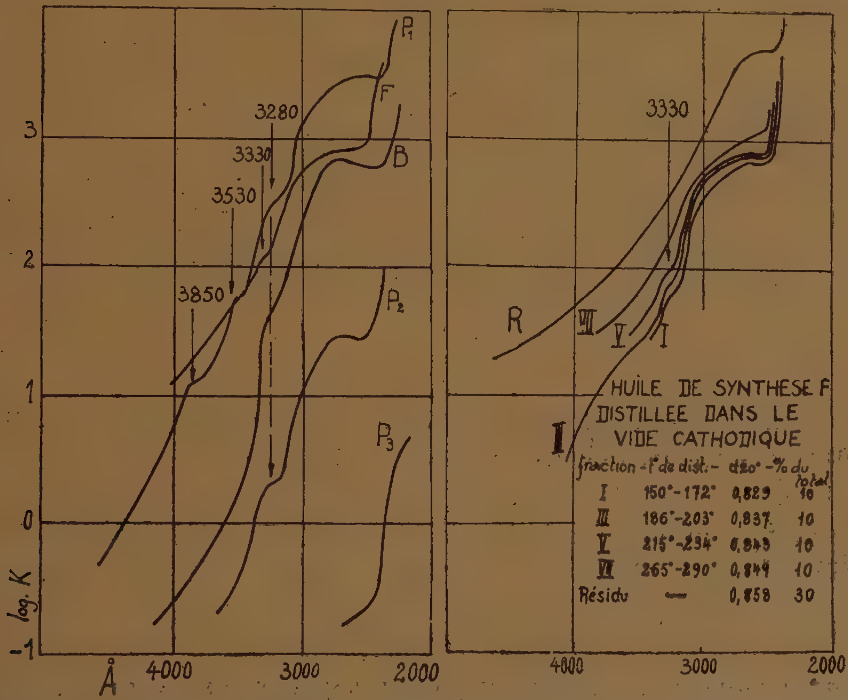
La méthode des tensions superficielles se révèle donc comme une méthode extrêmement pratique et d'un emploi facile pour l'étude des sels doubles en solution.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre d'absorption ultraviolet des huiles minérales de synthèse.* Note de MM. **Edmond Vellinger** et **Bernard Thomas**, présentée par M. Jean Perrin.

L'un de nous ([1]) a montré précédemment que les huiles de même caractère physique extraites des pétroles bruts de Pennsylvanie, du Texas, du Vénézuela, de Russie et d'Alsace ont un spectre pratiquement identique, c'est-à-dire que les bandes se trouvent situées à peu près aux mêmes longueurs d'onde. En outre, étant donné les constantes d'extinction élevées, nous avons pu calculer que toutes ces huiles, y compris celles dites paraffiniques de Pennsylvanie, contiennent une proportion relativement élevée en noyaux aromatiques.

([1]) E. Vellinger et A. Klinkenberg, *Ann. Off. Nat. Comb. Liq.*, 10, 1936, p. 85; E. Vellinger, *Ann. Off. Nat. Comb. Liq.*, 11, 1937, p. 195.

Il était intéressant de rechercher si les huiles obtenues par synthèse présenteraient une absorption différente. Sur la figure 1 nous avons porté les spectres d'une huile de Pennsylvanie peu raffinée P_1, la même huile surraffinée P_2, c'est-à-dire traitée jusqu'à la disparition de la réaction



P_1, huile de Pennsylvanie peu raffinée; F, huile de synthèse Fischer; B, huile de synthèse de la Bataafsche; P_2, huile P_1, surraffinée à l'acide sulfurique; P_3, huile P_2, surraffinée à l'oléum.

avec l'acide sulfurique à 98 %, et enfin l'huile surraffinée traitée à l'oléum P_3. Le traitement a pour effet :

1° la diminution considérable de l'absorption;

2° la disparition des bandes.

Nous expliquons ce comportement par l'élimination des noyaux aromatiques.

L'huile de synthèse obtenue par le procédé Fischer (F) se place très près de l'huile peu raffinée P_1. On en déduit la présence d'une quantité assez notable de noyaux aromatiques. Il en est de même pour le spectre [2] de l'huile B obtenue par la polymérisation des oléfines dans le laboratoire de la *Bataafsche Petroleum Maatsch.*

([2]) En collaboration avec M. A. Klinkenberg.

Si ces huiles étaient exclusivement paraffiniques, le spectre devrait se rapprocher du spectre de l'échantillon P_3 dont les dernières traces de carbure aromatique ont été éliminées par l'oléum. Nous avons examiné quelques fractions de l'huile F distillée dans le vide cathodique (par M. Louis) ([3]); on constate que l'absorption augmente avec la température de distillation et la densité. Une partie importante des noyaux aromatiques s'est concentrée dans le résidu. Il s'agit probablement de noyaux fortement condensés. La position des bandes ne permet pas de tirer des conclusions certaines quant à la nature de ces noyaux. Mais le calcul permet de dire qu'il s'agit au moins de noyaux naphtaléniques ou de noyaux plus condensés. Les bandes de ces hydrocarbures aromatiques ne sont pas visibles sur les courbes en raison de la très forte substitution de ces noyaux par des chaînes paraffiniques.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur un verre nouveau du système binaire* $MgF^2 — SiO^2$. Note de M. **Choong Shin-Piaw**, présentée par M. Charles Fabry.

Les solutions formées par la dissolution de la silice dans le fluorure de magnésium fondu se solidifient généralement en un émail blanc et opaque, comme dans le cas du fluorure de magnésium pur. Ce fait peut être démontré d'une façon simple par la fusion directe du fluorure dans une flamme de gaz-oxygène avec une baguette de quartz fondu comme support. Cependant j'ai observé que, dans des conditions de chauffage favorables, il est possible d'obtenir une solution solide transparente. Une douzaine de globules transparents, du système binaire $MgF^2 — SiO^2$, ont été préparés par ce moyen. Les matières premières sont du fluorure de magnésium synthétique et du quartz fondu pur. On constate que les densités de ces globules se trouvent toutes dans l'intervalle étroit entre 2,73 et 2,83, et le plus souvent elles prennent la valeur $2,81 \pm 0,01$. Il semble improbable qu'un solide transparent puisse se former avec une densité en dehors de l'intervalle indiqué.

La substance transparente en question n'a pas un point de fusion bien défini. En effet son allure à la fusion est semblable à celle du verre; par conséquent, on peut la considérer comme une espèce nouvelle de verre.

([3]) *C. R. Congrès Mond. Pétrole*, Paris, 1937.

Un couple thermoélectrique de Pt—PtRh indique que ce verre commence à fondre vers 1460°, ce qui est environ 60° au-dessus du point de fusion du fluorure de magnésium et environ 150° au-dessous de celui du quartz fondu. Sous ce rapport, il faut signaler une propriété thermique remarquable de ce verre nouveau. On observe qu'un globule de ce verre porté au rouge peut être plongé dans l'eau froide sans se briser, tandis que dans les mêmes conditions, un verre ordinaire éclaterait en petits fragments. Il ressort de là évidemment que le coefficient de dilatation thermique de ce verre doit être très petit.

Les densités du quartz fondu et du fluorure de magnésium amorphe sont respectivement 2,20 et 2,47 [1]. Ces valeurs sont bien inférieures à celles du verre nouveau signalées plus haut. Ce fait indique sans doute qu'il y a une contraction importante de volume pendant la formation du verre à partir de ses constituants. A cause de cette contraction extraordinaire, on ne peut plus profiter tout simplement de la connaissance des densités du verre et de ses constituants pour calculer la proportion de ces derniers sans tenir compte du changement de volume, qui est actuellement inconnu. Le fait que la densité et le point de fusion du verre sont tous deux beaucoup plus près de ceux du fluorure de magnésium que de ceux du quartz fondu, nous fait penser que ce verre du système binaire MgF^2—SiO^2 contient principalement du fluorure.

La limite de transparence du verre nouveau a été étudiée dans la région ultraviolette. On trouve que cette limite se déplace d'une façon plus ou moins régulière vers les courtes longueurs d'onde à mesure que la densité du verre décroît. Par exemple, pour les lames d'épaisseur de 2^{mm}, la limite de transparence s'étend de λ 2700 jusqu'à λ 2620 lorsque la densité du verre varie de 2,83 jusqu'à 2,73. A cet égard il est intéressant de signaler que le verre Pyrex est un peu moins transparent que ce verre nouveau et que, sous la même épaisseur, le Pyrex a sa limite vers λ 2800.

---

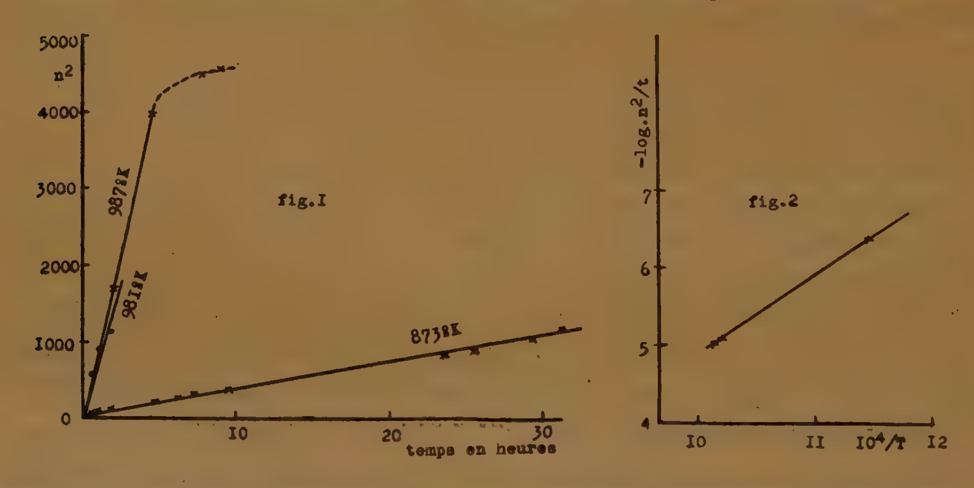
(1) H. G. F. SCHRODER, *Dichtigkeitsmessungen*, Heidelberg, 1873.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Vitesse d'oxydation de l'oxyde cobalteux en oxyde salin.* Note (1) de Mme **Germaine Chauvenet**, présentée par M. Marcel Delépine.

I. En vue de généraliser mes recherches sur la corrosion sèche du cobalt métallique (2) j'ai jugé utile d'examiner la question préliminaire de l'oxydation de CoO en Co^3O^4.

Des disques de 2mm d'épaisseur ont été sciés dans du fil de cobalt à 97,76 %, de 5mm de diamètre. Ils ont été polis et totalement transformés en CoO par chauffage à 950° dans l'oxygène sec, ce qui a demandé approximativement 8 jours. Ils ont été refroidis dans le vide et se sont alors présentés en lentilles biconvexes à bords très friables et facilement clivables suivant leurs sections circulaires médianes. Des demi-échantillons ont été à nouveau aplanis par polissage et ont donc permis l'étude de l'oxyde cobalteux sous une forme compacte, à surface mesurable et constante.

II. Les essais ont été effectués entre 500 et 750°, seuil approximatif de formation et limite de stabilité de Co^3O^4. La couleur passe du gris marron



au gris vert métalliques, sans altération de forme géométrique. Ces expériences, exécutées dans l'oxygène pur, sous 760mm de pression, ont malheureusement été peu nombreuses, vu le manque de métal initial, dont il m'a été impossible d'obtenir un nouvel usinage.

---

(1) Séance du 4 décembre 1939.

(2) Mme G. Chauvenet et G. Valensi, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 317; Mme G. Chauvenet, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 360 et 398.

Il en est résulté :

a. Que la loi parabolique d'oxydation, propre à la transformation du métal en oxyde, se vérifie encore lorsque l'on passe de l'oxyde inférieur à l'oxyde supérieur : ceci résulte des isothermes rectilignes de la figure 1, qui représentent, en fonction du temps, le carré du nombre de grammes d'oxygène absorbé par centimètre carré.

Il faut cependant noter que l'on n'arrive pas à une transformation complète sans observer un certain infléchissement des courbes. Ceci pourrait s'expliquer par la diminution de la surface réactionnelle d'échantillons dont l'épaisseur n'est ni absolument uniforme, ni négligeable en regard des autres dimensions.

b. Que l'énergie d'activation est de 23950^{cal}, comme on peut s'en rendre compte d'après la figure 2, qui représente la variation du logarithme de la constante d'attaque en fonction de l'inverse de la température absolue T.

III. En résumé, sous 760^{mm} d'oxygène et à surface constante de $s\,\text{cm}^2$, l'oxyde cobalteux, dans son intervalle d'évolution, fixe au bout de t heures le nombre de grammes

$$y = 5{,}71\,s\,e^{-\frac{11975}{T}}\sqrt{t}.$$

PÉTROGRAPHIE. — *Gisement des roches à silicates calciques et calcomagnésiens des Monts du Forez*. Note de MM. **Jean Jung** et **Paul Sainfeld**, présentée par M. François Grandjean.

F. Gonnard a signalé en 1883, à Saint-Clément (Puy-de-Dôme), une roche singulière composée de belles fibres de wollastonite, de pyroxène et d'anorthite, formant un filon de 50^{cm} de puissance dans le granite. Ultérieurement, A. Lacroix, qui reprit l'étude de ces matériaux [1], émit l'opinion qu'il devait s'agir d'un gneiss à pyroxène, ajoutant qu'un nouvel examen attentif sur le terrain montrerait sans doute que la roche encaissante, considérée comme granite, devait également être un gneiss.

Nos recherches à Saint-Clément ne nous ont pas permis de retrouver ce gisement, la région paraissant uniquement constituée par un granite à gros nodules de cordiérite. Mais, au cours de la révision de la feuille de Montbrison de la Carte géologique de France, nous avons pu découvrir

---

(1) A. Lacroix, *Bulletin Soc. Franç. de Minéralogie*, **12**, 1889, p. 146.

et étudier d'autres gisements analogues, permettant de résoudre le problème des rapports des roches à silicates calciques et calcomagnésiens du Forez, avec le granite qui constitue ces montagnes.

En particulier on peut observer, dans la région de Saint-Bonnet-le-Courreau (Loire), que le granite contient des enclaves et des massifs flottants de gneiss, dont l'un constitue la colline située immédiatement à l'ouest du village. En suivant la crête de la colline on recoupe, perpendiculairement aux strates, les assises suivantes : vers le Nord, des gneiss très granitoïdes, du type anatexite, riches en sillimanite et vers le Sud, des roches basiques de teinte sombre, dont nous allons indiquer la nature:

La roche dominante est une amphibolite à grain fin (hornblende et labrador An_{60}), zonée de pyroxénite grenue (diopside augitique et labrador An_{60}), passant elle-même à des grenatites (grenat almandin et bytownite An_{70}). La pyroxénite peut se charger, suivant certains lits, de wollastonite, réalisant alors le faciès de la roche de Saint-Clément. Le microscope y décèle de la wollastonite fibreuse, de la bitownite An_{70}, du diopside augitique, de la calcite et du sphène.

Il y a lieu d'ajouter que le massif basique est parcouru de filonnets d'une roche pegmatoïde faite d'oligoclase-andésine An_{30}, de diopside et de sphène, représentant sans doute une pegmatite endomorphisée.

Nous avons dit que l'ensemble de ces roches basiques et des gneiss à sillimanite constitue un petit massif flottant dans le granite du Forez. Mais il est à remarquer que ce granite passe progressivement aux gneiss à sillimanite en d'autres points, ce qui rend la distinction parfois difficile. Ce mode de gisement explique la présence de blocs de pyroxénites et d'amphibolites disséminés çà et là, en surface, en plein Forez granitique, en particulier à Saint-Georges en Couzan, Essertines, Chazelles-sur-Lavieu et Bard.

Il s'agit, en résumé, de petits massifs de paragneiss basiques, ayant résisté à la migmatisation et flottant dans le granite d'anatexie du Forez [2]. Il est à noter que, dans le Massif Central, les silicates calciques tels que la wollastonite et l'idocrase n'ont pas été rencontrés hors de ces zones d'intense migmatisation. Le second gisement connu, celui de Saint-Félicien, se trouve dans le granite à cordiérite du Vivarais, qui présente les mêmes caractères d'anatexie que celui du Forez.

---

(2) J. Jung, *Bull. du Service de la Carte Géologique de France*, 40, 1939, p. 129.

MINÉRALOGIE. — *Appareil pour le triage photométrique des sables.* Note de MM. **L.-Henri Berthois** et **P.-Michel Duffieux**, présentée par M. Lucien Cayeux.

L'étude granulométrique d'un sable, suivant la méthode de Wentworth, par criblage sur une série de tamis dont les mailles sont en progression géométrique décroissante de raison $\sqrt{2}$, exige des échantillons initiaux pesant au moins 150g. L'un d'entre nous ayant entrepris de classer suivant la même méthode les minéraux lourds des sables, dont les échantillons ne contiennent plus que quelques centaines de grains, a dû renoncer au triage par tamis. La mesure directe, au microscope, des diamètres moyens est une opération longue et imparfaite, par suite de la difficulté que l'on rencontre dans la détermination du diamètre moyen des grains irréguliers, d'autant plus irréguliers qu'ils sont plus petits. Nous avons cherché à déduire ce diamètre moyen de la mesure directe des surfaces apparentes des grains par un procédé photométrique suffisamment précis, et qui a l'avantage d'être rapide.

L'appareil est adapté sur un microscope ordinaire. Les grains sont montés sur un porte-objet de microscope, noyés dans une couche de baume, recouverte elle-même par un couvre-objet. La seule précaution spéciale consiste à disperser suffisamment les grains pour qu'ils soient bien isolés. Les contacts simples (2 grains) doivent être rares, les contacts doubles (3 grains) ne doivent pas se produire ou rester très rares.

Dans le plan de la préparation on forme l'image brillante, d'aire connue S_0, d'un disque uniformément éclairé. Soit Φ_0 le flux lumineux total formant cette image. Un grain, d'aire apparente s, mis au point dans le plan de l'image, ne laisse plus passer que le flux Φ :

$$s = S_0 \frac{\Phi_0 - \Phi}{\Phi_0}.$$

Les flux Φ_0 et Φ sont mesurés à l'aide d'une cellule photoélectrique.

Le système optique formant sur la préparation l'image de brillance uniforme comporte :

1° Une lampe à incandescence de 6 volts, type *projecteur*, alimentée par une batterie d'accumulateurs et réglée par un rhéostat très sensible.

2° Un objectif de projection de cinéma, de focale 50mm, qui projette sur

le condenseur du microscope une excellente image, très agrandie, du filament de la lampe.

L'ensemble de la lampe et de l'objectif est monté en lanterne d'éclairage à 1^m du microscope.

3° Un condenseur spécial fixé à la place du condenseur normal du microscope. Le miroir du condenseur est remplacé par un prisme à réflexion totale pour éviter les images parasites. Le condenseur proprement dit est un excellent objectif de focale 15^{mm}, qui forme sur la préparation l'image de l'objectif de la lanterne. L'aire de cette image est amenée à la dimension convenable par un diaphragme placé sur ce dernier objectif.

La cellule photoélectrique, du type à couche d'arrêt fer-sélénium, est montée sur le revolver du microscope et se substitue aux objectifs par rotation, sans toucher au tirage du tube. Cette cellule est associée à un galvanomètre Assopregi qui donne à 1^m une déviation de 1^{mm} pour 7.10^{-9} amp., et dont la résistance critique est 18500 ohms. Reliée directement aux bornes du galvanomètre, la cellule donne une déviation très suffisamment proportionnelle au flux incident. L'aire d'un grain est alors proportionnelle à la chute de la déviation quand il vient occulter l'image du disque. Nous avons vérifié que cette chute est indépendante de la position du grain dans l'image. Le grain peut être tangent à son contour, ce qui permet la mesure sur deux grains au contact.

La mise au point en profondeur a beaucoup plus d'importance. La chute de la déviation passe par un maximum quand le contour apparent passe dans le plan de l'image brillante. La coïncidence est facile à obtenir avec une précision suffisante. Malgré la très grande ouverture numérique du condenseur ($f/4$), la chute ne diminue sensiblement que lorsque le contour apparent du grain s'éloigne visiblement d'une bonne mise au point, même sous un faible grossissement, et avec des grains dont le diamètre est voisin du millimètre.

Le montage électrique direct de la cellule a l'inconvénient d'exiger la stabilité parfaite de la lampe et du zéro du galvanomètre. L'aire mesurée étant donnée par la différence entre deux déviations, l'erreur commise sur l'aire d'un grain est d'autant plus grande que ce grain est plus petit. Il est infiniment plus sûr d'adopter un montage compensé à deux cellules.

La deuxième cellule, identique à la première, reçoit le flux direct de la lampe. Elle est placée en série avec la première sur le même circuit, et le galvanomètre est placé *en pont* entre les deux cellules. Le flux d'excitation

de la deuxième cellule est réglé pour que la déviation soit nulle quand il n'y a pas occultation par un grain. Au moment de l'occultation la déviation est alors proportionnelle à l'aire du grain. La position du zéro est très largement indépendante de l'intensité de la lampe. Le réglage de cette dernière fixe le rapport de proportionnalité. Il n'y a plus de déplacement lent du zéro; l'évolution très lente de la lampe au cours des mesures n'affecte plus que celle des plus gros grains et est négligeable. Il est inutile de vérifier constamment le réglage au cours de l'étude d'une préparation.

On obtient un bon graphique de triage en moins d'une demi-heure sur une préparation contenant moins de 200 grains.

GÉOLOGIE. — *Orogénèse et vulcanisme calédoniens sur le versant méridional de la Montagne Noire.* Note de MM. **Marcel Thoral** et **Bernard Gèze**, présentée par M. Charles Jacob.

De nouvelles observations nous permettent de préciser l'importance de la phase orogénique calédonienne antécaradocienne sur le versant méridional de la Montagne Noire.

Les points les plus démonstratifs sont situés dans le Minervois (Feuille géologique de Carcassonne, bordure Nord).

Par exemple, à 1^{km} au Nord des Grottes de Limouzis, dans le lit du ruisseau de les Sériès, à l'Ouest du point coté 523, sur un substratum géorgien typique formé d'un complexe schistogréseux surmonté de calcaires à *Archæocyathus*, on voit, en allant du Nord au Sud, quelques décimètres d'une roche éruptive acide offrant tous les caractères macroscopiques d'une rhyolite passant localement à un microgranite. Elle est directement en contact avec les calcaires et enrobe des fragments, anguleux ou non, qui ne présentent aucun métamorphisme appréciable, soit à l'œil nu, soit à la loupe. Elle est surmontée de tufs et d'arkoses plus ou moins fines, paraissant formées aux dépens d'un matériel rhyolitique, et dont l'épaisseur moyenne est de 2^m. Au-dessus, viennent des schistes gris foncé, rougeâtres par altération, dans lesquels on recueille les premières colonies de Bryozoaires ashgilliens.

A une vingtaine de mètres de la coulée de base affleurent quelques bancs de calcaires compacts qui doivent représenter une partie du Gothlandien. Puis viennent des calcaires en plaquettes, remarquablement riches en tiges de Crinoïdes; jusqu'à preuve du contraire, nous les rangeons dans le Gothlandien-Dévonien, car ils sont sous l'Eifélien, fossilifère à peu de distance.

Un peu plus à l'Est, au Nord de Villeneuve-Minervois, les observations sont à peine différentes, avec, cependant, des fossiles plus nombreux dans le Caradoc. Sous les

calcaires en plaquettes disséminés dans les schistes ashgilliens, on trouve successivement des quartzites lustrés, des grès arkosiques et des arkoses très fossilifères, analogues à celles du ruisseau de les Sériès. De-ci, de-là, on observe de petites lentilles de poudingue à éléments d'origine locale. Ici, le substratum est constitué par la série schisto-gréseuse du Cambrien supérieur.

Avec un peu de persévérance, on peut trouver des faits analogues à la base de toutes les bandes de calcaires à entroques du Nord de la Feuille de Carcassonne. Il en est de même dans l'angle Sud-Est de la Feuille de Castres, où, toujours sous des calcaires à entroques d'âge gothlandien-dévonien, B. Grèze a recueilli de semblables grès arkosiques renfermant des graviers de quartz et des épaves de grès, de schistes et de roches éruptives rhyolitiques. Quelques-uns de ces affleurements ont pu être suivis sur la bordure Ouest de la Feuille de Bédarieux.

Ainsi nous avons la certitude qu'après l'Ordovicien inférieur, un mouvement orogénique important s'est manifesté dans la Montagne Noire. La plus grande partie de ce territoire a dû émerger et des manifestations volcaniques aériennes ont suivi le plissement. A l'Ordovicien supérieur, la mer est revenue en transgression sur un substratum déjà arasé : le Caradoc y repose tantôt sur l'Ordovicien supérieur, tantôt sur les différents termes du Cambrien jusqu'au Géorgien inclus. On peut croire qu'il s'est étendu sur les formations plus anciennes de la zone axiale d'où il a été déblayé par l'érosion. Le substratum est d'autant plus ancien et la lacune à la base du Caradoc ou du Dévonien-Gothlandien d'autant plus grande qu'on s'approche davantage de la zone axiale, c'est-à-dire que l'on gagne vers le Nord. Ce fait indique que les grands traits de la structure de la Montagne Noire étaient esquissés dès cette époque.

Les phénomènes éruptifs signalés ici sont à rapprocher de ceux qui se sont produits en Bretagne, à l'Ordovicien supérieur, et en Bohême, à la base de l'Ordovicien et dans le Gothlandien. Peut-être sont-ils contemporains des venues de rhyolites-microgranites des Monts de Lacaune.

Au total, ces nouvelles observations apportent la preuve que les mouvements orogéniques calédoniens, ou précurseurs de ceux-ci, ont revêtu une certaine importance dans la Montagne Noire. Ils ont fait émerger la plus grande partie du versant méridional depuis le Cabardès jusqu'au Lodévois, ainsi probablement que la zone axiale et le versant septentrional. Ils ont été suivis de manifestations éruptives aériennes dont l'âge est compris entre l'Ordovicien inférieur et le Caradoc supérieur; dans le Minervois ces éruptions sont contemporaines des formations à Bryozoaires du Caradoc *sensu lato*.

GÉOLOGIE. — *Phénomènes dynamiques intervenant dans le triage granulométrique des sables sur la dune et la plage du Pyla (Arcachon).* Note [1] de MM. **Louis Glangeaud** et **G. Gandil**, présentée par M. Louis Cayeux.

Sous l'influence des vents côtiers et grâce à l'afflux régulier des sables littoraux se déplaçant parallèlement au rivage, l'entrée du bassin d'Arcachon offre des dunes importantes; celle du Pyla atteint une hauteur de 100^m. Il se produit ici un échange continuel de matières entre les dunes côtières et les sables marins littoraux. Cette situation privilégiée nous a amenés à étudier, sur la dune et le rivage, le phénomène du triage des sables par le vent. Pour cela nous avons effectué une série de prélèvements, suivant des profils distants de 300^m perpendiculairement à la dune. D'autres prélèvements proviennent du Moulleau et de la bordure côtière immergée. Les grains ayant des grosseurs oscillant entre 800 et 140^{μ}, l'analyse mécanique a pu être faite par tamisage à sec, en utilisant un appareil à secousses.

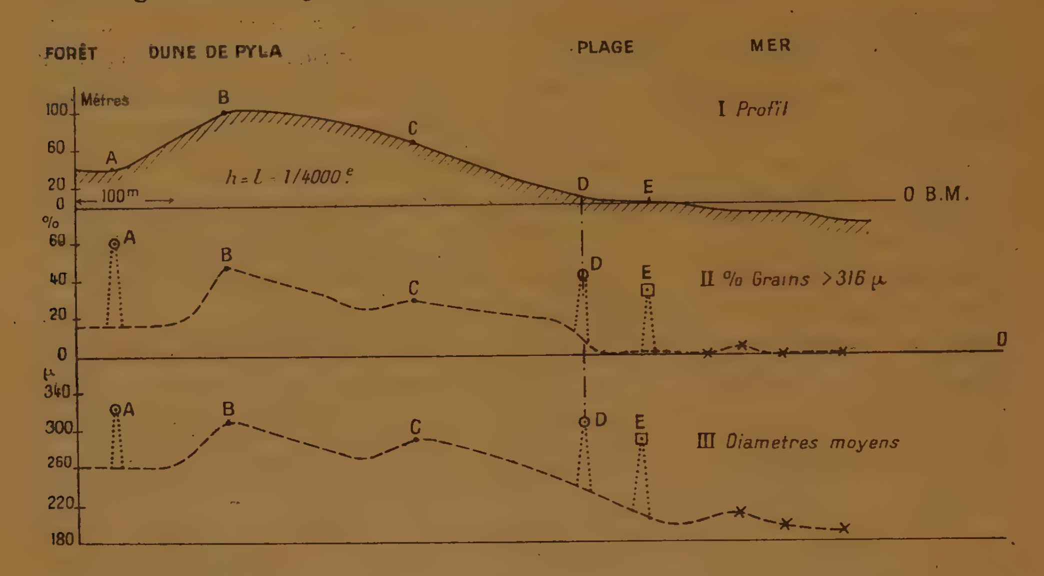
Les éléments prélevés au-dessous de la haute mer (estran, chenal, banc), jusqu'à une profondeur de 5^m, ainsi que les sables de la plage et de la dune du Pyla, ont des courbes granulométriques de formes assez semblables : mais elles sont décalées les unes par rapport aux autres, ainsi que le montrent les diamètres moyens (*fig.* III) calculés d'après ces courbes. Ces diamètres moyens, et le pourcentage des grains supérieurs à 316^{μ} (*fig.* II) (moyenne calculée sur plusieurs profils) montrent des variations identiques pour les différents profils. On constate sur ceux-ci : 1° une augmentation assez régulière du diamètre moyen depuis la profondeur de -5^m jusqu'au sommet de la dune; 2° en quelques points singuliers (figurés par des ronds et des carrés) existent des anomalies (*en pointillés*) qui ne modifient que très localement, la variation régulière des grosseurs (*en tirets*) sur la courbe. La figure I représente un des profils de la dune et de la plage avec les points de prélèvement.

L'*augmentation de la grosseur moyenne* depuis la zone immergée jusqu'au sommet de la dune, qui paraît à première vue paradoxale, peut s'expliquer par les notions générales soulignées par l'un de nous (L. G.) pour les

(1) Séance du 18 septembre 1939.

phénomènes de triage hydrodynamiques. Les triages au cours du transport et de la sédimentation sont des phénomènes statistiques; les transports par roulement et ceux par suspension tourbillonnaire présentent entre eux une certaine indépendance.

Une grosseur de grain peut ainsi devenir dominante en un point, soit



parce que la quantité de grains apportés dans cette dimension est supérieure à celle entraînée, soit parce qu'il part plus de grains de dimension inférieure que de dimension supérieure. C'est cette deuxième hypothèse que nous retenons en attendant des vérifications expérimentales. En s'élevant vers le sommet de la dune, la turbulence du vent augmente et entraîne en suspension tourbillonnaire des quantités de plus en plus grandes de sable fin, inférieures à 300^{μ}.

En même temps des grains plus gros ou plus lourds remontent la pente avec une petite vitesse en roulant sous l'action du vent. L'entraînement par suspension tourbillonnaire joue au maximum aux points d'inflexion du profil de la dune, d'où augmentation du diamètre moyen en ces points. Pour les anomalies les plus accusées (ronds et carrés), qui correspondent aux deux points A et D situés aux bases Nord-Est et Sud-Ouest de la dune ainsi qu'à la limite inférieure E de la basse mer, on peut faire intervenir, en outre, d'autres facteurs.

A *la base de la dune*, les grains supérieurs à 300^{μ}, qui roulent plus facilement que les petits grains sous l'action de la pesanteur, trouvent, à la

rupture de pente, leur position d'équilibre. Ils s'arrêtent alors en ce point et s'accumulent. D'autre part le jusant laisse derrière lui, en son point de descente maximum (E), une zone enrichie en gros grains, par les mouvements tourbillonnaires des vagues.

Pour la partie de la *plage* située entre la haute et la basse mer (estran), le colmatage dû à l'humidité joue aussi un rôle important. L'action du vent n'est pas identique sur le sable entièrement sec et sur le sable humide. Or l'humidité du sable va en diminuant à mesure que l'on s'éloigne de la mer.

Au-dessous de la ligne de basse mer, le triage s'effectue par l'action des vagues, des marées et des courants littoraux. Entre l'embouchure de l'Adour et celle de la Garonne, la différenciation progressive des sédiments est ainsi la résultante de tous ces triages particuliers s'effectuant dans la marge dunaire, dans l'estran et dans la zone immergée.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Un séismographe vertical universel.*
Note de M. **Georges Grenet**, présentée par M. Charles Maurain.

J'ai montré (¹) comment le séismographe du type Wenner permettait, comme les appareils à amplification mécanique, l'enregistrement des différentes phases des séismes lointains aussi bien que des séismes proches. Toutefois certaines précautions doivent être prises dans la construction de l'appareil afin que l'amplification reste suffisante pour les mouvements rapides du sol.

Comme beaucoup de stations possèdent seulement des séismographes horizontaux à amplification mécanique, il était intéressant de construire un appareil vertical ayant des caractéristiques analogues à celles de ces horizontaux, on aurait ainsi la possibilité de compléter utilement l'équipement de ces stations.

L'appareil réalisé dans ce but est du type faux Wenner (²), c'est-à-dire que les caractéristiques de l'appareil sont déterminées par la période et l'amortissement du galvanomètre, le réglage de la période et de l'amortissement du pendule pouvant être fait approximativement.

Le pendule vertical a été choisi un peu lourd pour ce genre d'appareils

(¹) G. Grenet et Mme Quenet, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 218.
(²) J. Coulomb et G. Grenet, *Ann. de Physique*, 11e série, 3, 1935, p. 354.

(1^{kg} environ) de façon à permettre l'emploi d'un galvanomètre robuste. M. Chevenard a bien voulu me procurer l'élinvar convenablement traité nécessaire à la construction du ressort, qui a été bobiné avec une forte tension initiale de façon à obtenir les caractéristiques préconisées par La Coste (*Bulletin of the Seismological Society of America*, 25, avril 1935). Grâce à l'emploi de ce ressort le pendule a pu être réglé à une période de 10 secondes sans précautions particulières; un réglage à 15 secondes peut être obtenu moyennant un peu de soin.

Le galvanomètre ayant une période de 10 secondes, les enregistrements de ce séismographe pourraient servir utilement à compléter ceux obtenus avec des appareils horizontaux à amplification mécanique dont la période est analogue, toutes les fois que la connaissance des mouvements verticaux du sol présente de l'intérêt.

L'amplification doit être limitée à 700 environ à cause de l'agitation microséismique. Cet appareil, en fonctionnement depuis peu, a donné un bon enregistrement des séismes du 21 novembre à 11^h dont l'épicentre est à environ 700^{km} de Clermont-Ferrand. Il n'a pas encore eu l'ocasion d'enregistrer des séismes proches.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la répartition géographique de la foudre et de la grêle dans le département de l'Ariège.* Note (¹) de M. **Camille Dauzère**, transmise par M. Charles Camichel.

Les trois zones relatives à la répartition géographique des points de chute de la foudre, que nous avons distinguées dans la Haute-Garonne, le Gers, les Hautes-Pyrénées (²), se retrouvent dans le département de l'Ariège.

I. *La zone à coups de foudre très rares* est le prolongement vers le Sud-Est de celles du Gers et de la Haute-Garonne. Elle comprend dans l'Ariège toute la partie septentrionale du département, au-dessus d'une ligne brisée allant du Mas-d'Azil au nord de Pamiers et au sud de Mirepoix.

Le sol de cette zone est formé : 1° à l'ouest de l'Ariège, par les molasses de l'Armagnac; 2° dans la plaine qui s'étend au nord de Pamiers, par les alluvions anciennes et récentes de l'Ariège et de l'Hers; 3° autour de Mirepoix, par les molasses du Stampien et de l'Éocène supérieur.

(¹) Séance du 4 décembre 1939.

(²) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1433; 208, 1939, p. 114 et 1833.

II. *La zone très foudroyée* comprend une large bande allant des confins Sud-Ouest du département, près de Sentein, jusqu'aux environs de Foix. Les territoires les plus dangereux sont : 1° le bassin supérieur du Lez, autour de Saint-Lary et de Sentein; 2° le bassin de l'Arac autour de Massat; 3° les communes d'Ustou et d'Aulus; 4° la Barguillière surtout qui forme à l'ouest de Foix le bassin de l'Arget.

Le sol est formé : par des schistes primaires dans les environs de Sentein, d'Ustou et d'Aulus; par des granites autour de Massat et dans la Barguillière. Il y a de nombreuses failles et lignes de contact de divers terrains, qui augmentent le danger.

III. Le reste du département est compris dans la *zone moyenne*, dont les propriétés sont intermédiaires entre celles des deux zones précédentes. On y trouve en particulier : 1° une bande de terrain, formée de poudingues et molasses éocènes qui est située tout à fait à l'ouest du département, et qui se prolonge dans la Haute-Garonne, entre Salies-du-Salat et Montesquieu-Volvestre; 2° les environs de Vicdessos, situés dans une bande de terrains secondaires et d'alluvions glaciaires entre deux massifs granitiques; 3° la vallée de l'Ariège et les montagnes qui la dominent en amont de Foix (alluvions anciennes et alluvions glaciaires); 4° une bande partant de Montgaillard sur l'Ariège, dirigée vers l'Est, et aboutissant à la limite du département au delà de Bélesta (calcaires et grès du crétacé).

IV. Une remarquable coïncidence existe entre les lieux souvent foudroyés et les territoires d'origine des bandes de grêle les plus habituelles. D'après les Services Agricoles du Département, ces trajectoires prennent naissance soit autour de Saint-Lary (zone très foudroyée), soit autour de Salies-du-Salat (zone moyenne), soit surtout dans la zone granitique de la Barguillière (zone très dangereuse). La direction des bandes est ensuite déterminée par le vent qui règne au moment de l'orage. Par exemple, les trajectoires des grêles issues de la Barguillière sont dirigées le plus souvent au Nord-Est, vers Varilhes, ou à l'Est vers Lavelanet et Bélesta; entre ces deux trajectoires habituelles se placent les montagnes du Plantaurel, dont le sol calcaire paraît défavorable à la propagation de la grêle, comme je l'ai déjà observé dans le département des Hautes-Pyrénées ([3]).

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1833.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur des Poissons fossiles de Perse.* Note de M. Camille Arambourg, présentée par M. Charles Jacob.

A la suite de leurs explorations en Perse, J. de Morgan et R. de Mecquenem ont signalé dans la région du Poucht i Kouh, au Nord du Louristan, d'importants gisements de Poissons fossiles, dont les matériaux, décrits par Priem, sont conservés dans les collections de Paléontologie du Muséum National d'Histoire Naturelle.

Au cours de l'hiver 1938-1939, j'ai repris l'exploration de ces gisements et procédé à celle de certains autres qui m'avaient été signalés dans le Sud de la Perse par MM. R. Furon et Cheik Nia.

Malgré la grande distance qui sépare ces deux groupes de gisements, les uns et les autres appartiennent à une même zone stratigraphique de la série plissée qui forme la bordure occidentale du plateau iranien.

Les premiers, situés au voisinage de la bourgade d'Elam (ancien Husseinabad), font partie d'un complexe argilo-marneux, qui ne paraît exister que dans la partie Ouest de la zone plissée, et dont les équivalents plus orientaux sont constitués de calcaires zoogènes. J'ai indiqué, dans un Ouvrage mentionné plus loin, les caractères stratigraphiques et paléontologiques de cet ensemble.

Les Poissons qui en proviennent avaient été attribués par Priem à un niveau de passage entre le Crétacé supérieur et le Nummulitique, et un certain nombre de formes crétacées avaient été indiquées parmi eux.

La révision des matériaux recueillis par mes prédécesseurs, ainsi que mes observations à la suite d'une fouille méthodique et particulièrement fructueuse des gisements d'Elam, ne me permettent point de confirmer ces conclusions.

Il s'agit en effet d'une faune exclusivement tertiaire dont les éléments principaux sont les suivants : *Palæorhynchus* cfr. *glarisianus* Ag., *Bregmaceros filamentosum* Priem sp., *Nemichthys Mecquenemi* Priem, *Gonostoma Morgani* Priem sp., ainsi qu'une série de formes inédites, appartenant aux genres *Scomber*, *Cybium*, *Gempylus*, *Lophotes*, *Beryx*, ou aux familles des Stomiatidés, Cheilodiptéridés, Brotulidés etc. Bien que la plupart de ces éléments soient spéciaux, leur cachet d'ensemble diffère nettement de celui des faunes éocènes à caractère tropical et indopacifique du bassin de la Mésogée. La présence de formes hautement spécialisées, telles que *Gonos-*

toma Morgani (espèce à photophores conservés, très voisine de *G. Mrazeci* Pauca sp. de l'Oligocène de Roumanie), *Bregmaceros filamentosum* (affine de *B. Albyi* Sauv. du Sahélien, elle-même voisine de *B. atlanticus* G. et B. de l'Atlantique), *Gempylus* sp. (forme affine de *G. serpens* actuel), *Lophotes* sp. (forme affine de *L. Cepedianus* actuel de la Méditerranée), apparente au contraire, sans aucun doute, cet ensemble à la Faune paléo-méditerranéenne telle que je l'ai définie [1] et dont l'apparition date de la période oligocène. C'est d'ailleurs, s'il en était besoin, ce que confirmerait la présence du genre *Palæorhynchus*, élément caractéristique, comme l'on sait, du Nummulitique supérieur d'Europe et, particulièrement, de l'Oligocène de la Vallée du Rhin, de Suisse, d'Italie et de Roumanie.

Il est en outre remarquable, au point de vue bionomique, que tous les éléments de cette faune ne sont représentés, dans la nature actuelle, que par des formes de grandes profondeurs ou de surface, à l'exception de toute forme littorale; la présence de Brotulidés, de Stomiatidés, de Cheilodiptéridés, ainsi que des genres *Bregmaceros*, *Nemichthys*, *Gempylus*, *Lophotes*, *Beryx* est particulièrement typique à cet égard et confère à cet ensemble un caractère exclusivement bathypélagique. Le faciès des gisements, leur situation géographique au large du massif ancien de l'Iran, sur le trajet du sillon mésogéen, concordent d'ailleurs parfaitement avec cette constatation.

Les affleurements de la zone argilo-marneuse qui contient ces gisements paraissent se poursuivre très largement vers le Sud-Est, parallèlement aux plis du Louristan. C'est, en direction, dans leur prolongement, mais à plus de 1200^{km}, que se rencontrent les autres. Ils sont situés à 200^{km} au Sud de Chiraz, près du bourg d'Estabanhat et se présentent dans les mêmes conditions que les premiers, c'est-à-dire dans une série marneuse recouverte de calcaires zoogènes. Leur faune, abondante également, comprend comme éléments principaux, avec diverses formes indéterminées : *Palæorhynchus* cfr. *glarisianus* Ag., *Etrumeus* cfr. *salmoneus* Wagn., tous deux caractéristiques de l'Oligocène moyen d'Europe, ce qui suffit à montrer l'identité stratigraphique de ces gisements et des premiers, et laisse prévoir la continuité ainsi que la similitude des faciès nummulitiques tout le long de la bordure Ouest du plateau iranien.

---

(1) *Matériaux pour la Carte Géologique de l'Algérie,* Alger, 1927, 1re série, *Paléontologie,* n° 6, 298 pages, 49 figures, 46 planches.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Production de flavine et vie anaérobie chez* Eremothecium Ashbyii. Note [1] de M[lle] **Anne Raffy**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Le problème des rapports éventuels entre la présence de riboflavine dans des microorganismes et leur vie anaérobie a déjà été envisagé. Dans le cas des Bactéries, Warburg et Christian [2] ont constaté que plus une bactérie contient de flavine, plus elle est anoxybiotique, mais que, cependant, cette flavine intervient dans la respiration aérobie.

D'autre part, Lavollay et Laborey [3] ont signalé qu'*Aspergillus niger*, cultivé sur un liquide nutritif contenant une faible concentration en magnésium, formait un pigment appartenant au groupe des flavines. Il y a d'autant plus de pigment que l'organisme fonctionne davantage en agent de fermentation.

La production de riboflavine par le champignon Ascomycète *Eremothecium Ashbyii* ayant été démontrée par nos recherches antérieures [4], nous avons étudié le comportement de ce microorganisme en anaérobiose. Normalement aérobie, serait-il capable, en l'absence d'air, de continuer à végéter et à former son pigment ?

Nous avons fait ensemencer des cultures dans des tubes en verre Sibor, d'un modèle utilisé par R. Gautheret [5]. Afin qu'elles soient bien comparables entre elles, la même quantité de gélose de Gorodkowa a été introduite dans chaque tube, puis y a été ensemencée de façon aussi semblable que possible à l'aide d'une souche d'*Eremothecium* régénérée sur Sabouraud. Ces cultures ont été maintenues, à l'obscurité, dans une étuve à 27° pendant toute l'expérience. Au bout de 10 jours, elles avaient nettement poussé, les mycéliums occupant à la surface de la gélose une zone circulaire de 1^{cm} de diamètre environ. En même temps, une auréole jaune indiquait le début d'une diffusion de flavine dans le milieu. A ce moment deux des tubes ont été remplis d'azote pur, tandis que dans deux autres le vide était pratiqué. Ces 4 tubes ont été scellés à la lampe. Des tubes de

(1) Séance du 27 novembre 1939.

(2) *Biochem. Zeitchr.*, 266, 1933, p. 377.

(3) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1686; 205, 1937, p. 179; 206, 1938, p. 1055.

(4) A. Guilliermond, M. Fontaine et A. Raffy, *Comptes rendus*, 201, 1935, p, 1077.

(5) Chaque tube se compose de deux portions dont la supérieure longue et étroite.

verre sibor de même forme et bouchés au coton contenant des cultures analogues, mais pleins d'air, ont servi de témoins. Au bout de deux mois et demi, une première série de tubes a été examinée et la seconde série au bout de trois mois et demi.

Les dosages de la flavine ont été pratiqués par la méthode de Gouré-vitch ([6]) déjà appliquée par Raffy et Fontaine ([7]) aux cultures d'*Eremothecium*.

Les tubes témoins présentaient dans toute la masse de la gélose la teinte jaune d'or et la fluorescence verte caractéristiques d'une abondante formation de riboflavine. Les teneurs en ce pigment ont été trouvées de 250 γ par 10^g de milieu de culture pour les cultures âgées de 2 mois et demi et de 185 γ pour 10^g de celles de 3 mois et demi [une diminution à partir d'un certain délai a déjà été constatée ([7])]. La production a été sensiblement inférieure à celle que nous avons généralement évaluée dans les tubes ordinaires ou les flacons plats, puisque, dans ces conditions, nous trouvons 500 γ environ de riboflavine pour 10^g de milieu. La forme du tube intervient sans doute, ce qui indiquerait déjà que la production de flavine est favorisée par la présence d'air. L'étude des cultures dans le vide et l'azote confirme cette première constatation.

Au bout de deux mois et demi ou de trois mois et demi, les cultures en tubes scellés dans le vide ou l'azote n'avaient apparemment pas progressé, et après examen au microscope, il a été conclu à un arrêt de croissance.

Toutefois, la gélose était, dans ces tubes, teintée de jaune et il a été possible d'y doser les quantités suivantes de riboflavine exprimées en γ pour 10^g de gélose : culture dans le vide âgée de 2 mois et demi, 33; âgée de 3 mois et demi, 54; culture dans l'azote âgée de 2 mois et demi, 59; âgée de 3 mois et demi, 39.

Il y a donc, dans le vide comme dans l'azote, une faible production de flavine. D'abord un peu plus importante dans l'azote, elle baisse dans les cultures plus âgées tandis qu'elle continue dans le vide, mais demeure dans tous les cas notablement inférieure à ce qu'elle est en milieu aérobie. En l'absence d'air, le champignon végète du reste fort mal et sa croissance est arrêtée. Elle est, au contraire, favorisée par une aération facile de la culture (tubes ou flacons offrant de larges surfaces de gélose sur laquelle le mycélium peut se développer). La pigmentation est moins intense dans les

([6]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 19, 1937, p. 125.

([7]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1005.

tubes étroits. Le fait qu'elle est réduite en milieux liquides (ainsi que nous l'avons antérieurement noté) s'explique de même par l'insuffisant contact avec l'air d'un mycélium mouillé par le liquide. Nous avons donc, avec *Eremothecium Ashbyii*, un exemple typique d'un microorganisme producteur de riboflavine en aérobiose. Nous avons, de plus, fait l'observation suivante. A l'examen en ultraviolet les préparations méthyliques des cultures anaérobies offrent une fluorescence bleuâtre au lieu de la fluorescence verte caractéristique des flavines. Une autre substance à fluorescence bleue y est manifestement mêlée. Or il est possible de mettre en évidence dans les extractions méthyliques des cultures normales d'*Eremothecium* l'existence d'une telle substance. La préparation examinée en ultraviolet présente la fluorescence vert jaune caractéristique des flavines que l'hydrosulfite éteint. Mais, si l'on fait agir ce réducteur de façon très ménagée, la fluorescence verte s'éteint tout d'abord, tandis qu'apparaît une fluorescence bleue que des doses plus fortes d'hydrosulfite suppriment à son tour. Fontaine et Busnel ([8]) ont, les premiers, pratiqué cette réaction sur des préparations d'yeux de poissons et ont ainsi constaté la coexistence habituelle de flavine et d'une substance à fluorescence bleue. Celle-ci, du reste, n'est présente, dans les cultures aérobies, qu'en faibles proportions par rapport à la flavine dont la fluorescence verte masque l'autre.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Action du froid sur le développement de l'œuf chez les Batraciens*. Note ([1]) de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

On peut, chez les Batraciens, soumettre l'œuf fécondé, sans le faire périr, à une température voisine de celle de la congélation. Les phénomènes de segmentation se trouvent alors inhibés, mais ils reprennent dès qu'on replace l'œuf à la température du laboratoire, et le développement embryonnaire s'accomplit de façon apparemment normale, à la condition que le refroidissement n'ait pas été trop prolongé.

Chez le Crapaud ordinaire (*Bufo vulgaris*), l'œuf fécondé peut encore se développer après avoir subi un refroidissement de quinze à vingt heures; après vingt-quatre heures, il est généralement tué.

([8]) *C. R. Soc. biol.*, 128, 1938, p. 370.

([1]) Séance du 4 décembre 1939.

J'ai constaté, au cours d'une série d'expériences, dont les premières remontent à 1933 ([2]), que le développement des œufs ainsi refroidis présente des particularités remarquables

La combinaison hybride *Bufo vulgaris* ♀ × *Rana temporaria* ♂ ne donne *jamais* de larves dans les conditions normales, en raison de la désharmonie chromosomique qui interdit à l'embryogenèse de franchir le stade gastrulaire. Or, si l'on refroidit longuement (à 0°) les œufs après la fécondation, on obtient un certain nombre de larves, qui sont du pur type maternel et sont évidemment de nature *gynogénétique*, c'est-à-dire produites sans la participation du noyau mâle : preuve que le refroidissement de l'œuf peut avoir pour conséquence d'empêcher l'amphimixie ([3]).

En outre ces larves gynogénétiques sont de deux sortes : les unes, débiles, naines, hydropiques, d'éclosion difficile, incapables de vivre plus de trois semaines, présentent tous les caractères des larves *haploïdes* (n chromosomes); les autres, vigoureuses, capables de franchir la métamorphose, sont en tous points semblables aux larves *diploïdes* ($2n$ chromosomes) qui naissent de la fécondation normale ([4]). En présence de ces résultats, je me croyais autorisé à conclure que *le traitement par le froid, en certains œufs, non seulement détermine la gynogenèse, mais encore la duplication chromosomique.* Cette conclusion s'appuyait, de surcroît, sur les faits suivants. Si l'on superpose le traitement par le froid aux procédés classiques de gynogenèse (fécondation hétérogène, fécondation par un sperme intoxiqué) ou de parthénogenèse (inoculation de sang), on augmente sensiblement la proportion des larves robustes ([5]). Ainsi, dans une expérience faite l'an dernier sur la combinaison *Bufo vulgaris* ♀ × *Pelobates fuscus* ♂ (combinaison qui produit, par faux-hybridisme, des larves gynogénétiques, d'ordinaire haploïdes), je tirai, d'un lot d'une centaine d'œufs refroidis, trente larves, dont six purent franchir la métamorphose, tandis que, d'un lot témoin, je ne tirai que cinq larves, dont une seule put se métamorphoser.

([2]) *Comptes rendus Soc. Biol.*, **113**, 1933, p. 346; **115**, 1934, p. 1680; **122**, 1936, p. 1012.

([3]) Mêmes résultats avec la combinaison *Hyla arborea* ♀ × *Rana temporaria* ♂, qui, elle non plus, ne donne jamais de larves dans les conditions habituelles.

([4]) Je n'ai pu compter exactement les chromosomes de ces larves vigoureuses, mais j'ai pu m'assurer que leur nombre dépassait notablement le nombre haploïde.

([5]) Les œufs refroidis après simple piqûre (sans inoculation) ne donnent jamais de larves.

La formation d'un noyau diploïde, sous l'effet du refroidissement de l'œuf, ne saurait plus être mise en doute depuis les intéressantes recherches de G. Fankhauser et Griffiths ([6]). Ces auteurs, en refroidissant les œufs fécondés d'un Triton (*Triturus viridescens*), ont obtenu, d'une part, des larves haploïdes qui correspondent aux larves gynogénétiques déjà obtenues chez *Bufo* et chez *Hyla;* d'autre part, de nombreuses larves *triploïdes*, qui ont certainement pour origine la fécondation d'un noyau ovulaire diploïde ([7]).

Le refroidissement de l'œuf, chez les Batraciens, apparaît donc comme un procédé expérimental d'une assez grande efficacité. En prévenant l'amphimixie, il permet d'obtenir des larves gynogénétiques à partir des combinaisons hybrides abortives ou des œufs fécondés par le sperme de l'espèce. En produisant le doublement des chromosomes, il permet d'obtenir des larves diploïdes à partir des combinaisons fausses-hybrides ou des œufs soumis à un traitement parthénogénétique; des larves triploïdes à partir des œufs normalement fécondés.

Il permettra peut-être d'obtenir la gynogenèse dans des espèces (Insectes, Mammifères) où les procédés habituels sont difficilement applicables. Chez le Ver à soie, je n'ai pu réussir jusqu'à présent à produire la gynogenèse par le refroidissement de l'œuf ([8]), mais il y aurait lieu de renouveler ces essais sur d'autres Insectes, et notamment sur la Drosophile.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Élevage de Poulets de souche exclusivement femelle.* Note de M. **Christian Champy**, présentée par M. Maurice Caullery.

C'est un fait aujourd'hui bien connu que, chez les femelles de Gallinacés, l'ablation de l'ovaire gauche, seul fonctionnel, entraîne une hypertrophie

---

([6]) *Proc. Nat. Acad. Sc. Washington*, 25, 1939, p. 233.

([7]) Le nombre des chromosomes des larves était déterminé par examen des cellules épidermiques dans un fragment amputé de l'extrémité caudale.

([8]) L'expérience était faite de la manière suivante. Des femelles à caractère récessif étaient croisées avec des mâles à caractère dominant. Tout de suite après la ponte, les œufs étaient refroidis à 0° pendant 15 heures. Si des larves gynogénétiques s'étaient produites, elles eussent été reconnaissables à la présence du caractère récessif maternel.

de la glande droite, restée embryonnaire et qui devient généralement un testicule plus ou moins parfait [Zawadowsky, Pézard, Crew, Fell, Gray, Champy etc. [1]]. Ce testicule est généralement suffisant, au point de vue hormonal, pour entraîner la transformation de tous les caractères sexuels externes et donner à une poule l'apparence d'un coq [phénomène de Zawadowsky [2]]. Plus rarement, le testicule est le siège d'une spermatogénèse plus ou moins complète, avec développement plus ou moins complet, des canaux sexuels. Domm a essayé, avec de tels animaux, des fécondations artificielles pour résoudre la question de l'hérédité du sexe.

Parmi de nombreux animaux opérés, une poulette Leghorn dorée (n° 88, née en mai 1938, castrée en juin, masculinisée fin janvier 1939) a montré un développement particulièrement complet des caractères et des instincts du mâle, essayant de cocher les autres poules.

Ces essais n'étaient pas féconds avec les poules de même race, sans doute à cause de l'égalité de taille entre elles et la poule masculinisée, peu favorable à l'accouplement, la différence de taille sexuelle chez les poulets étant régulière dans une même race.

Je l'ai donc croisée avec poule phénix plus petite, dont la taille était mieux adaptée à la sienne (poule de race pure, née au laboratoire en mai 1938). Toutes les précautions d'isolement ont été prises par rapport aux coqs véritables, plusieurs mois avant l'époque de la ponte.

Parmi de nombreux œufs clairs, j'ai réussi à élever quatre poulets de ces œufs. Ces poulets ont donc pour parents deux femelles, une normale, l'autre masculinisée, mais génétiquement femelle.

---

(1) Crew, *Proc. Roy. Soc.*, 95, 1923, p. 256; Domm, *Proc. Soc. exp. Biol. Méd.*, 26, 1929, p. 338-341; *Anat. Rec.*, 1930, p. 297; B. Fell, *Brit. Journ. of exp. Biol.*, 1, 1923, p. 97; Goodale, *Biol. Bul.*, 30, 1916, p. 286; Gray, *Americ. Journ. of Anat.*, 46, 1930, p. 217-260; Pezard, *Ann. Sc. Natur., Zool.*, 83, 1922, p. 104-106; Riddle, *Anat. Rec.*, 30, v, 1925; Zawadowsky, *Das Geschlecht u. die Entwicklung der Geschlechtsmerkmale*, Moscou, 1922 (éd. U.R.S.S.).

(2) Cependant Zawadowsky a signalé déjà que la taille reste celle d'une poule (sensiblement plus petite que chez le mâle). Je l'ai constamment vérifié. Les pattes restent aussi plus courtes relativement, comme chez la poule. Ces deux caractères ne permettent pas de confondre une poule masculinisée avec un coq. La taille sexuelle semblerait ainsi un caractère sexlinked. Il faut être cependant très réservé, d'autres exemples, comme celui du pénis des canards, montrant qu'il s'agit peut-être simplement d'un caractère très précoce et irréversible.

Les quatre poussins ont été des femelles, deux très analogues aux phénix, deux très analogues aux Leghorn. Ils sont aujourd'hui adultes.

Les plumages phénix et Leghorn doré sont assez semblables, les races diffèrent par la taille. Les phénix ont de plus les pattes noires (jaunes chez les Leghorn), l'oreillon rougeâtre (blanc chez les Leghorn), la crête droite chez les poules (cassée chez les Leghorn). Le plumage est d'un roux plus vif, avec une tache roux intense sous le cou, qui, dans les croisements, se montre persistante et dominante (par exemple le croisement phénix-Leghorn blanc donne des animaux blancs à tache gutturale rousse), et un axe clair à diverses plumes, qui est généralement récessif. Dans chacun des quatre animaux, on avait des traces du mélange racial; les deux grandes poulettes ont une tache gutturale foncée, la crête presque droite; le reste est de type Leghorn : pattes jaunes, plumage clair, etc. Les deux petites poulettes ont, l'une l'oreillon blanc des Leghorn, l'une a mûri et s'est féminisée rapidement comme les Leghorn, tandis que sa sœur garde encore des plumes de type juvénile androïde, comme cela a lieu chez les phénix. J'ai montré que ce caractère de maturition tardive est héréditaire.

En somme les quatre poulettes présentent des traces d'hybridation. La taille raciale apparaît ici comme un caractère allélomorphe, ce qui n'est pas toujours le cas.

Il serait imprudent d'affirmer, sur quatre animaux seulement, l'hérédité du sexe; cependant une quadruple coïncidence est déjà rare et constitue un fait en faveur de cette idée. Ce serait d'ailleurs en contradiction avec la théorie chromosomienne acceptée chez les Gallinacés, qui admet que les femelles ont des gamètes de deux sortes, qui devraient reproduire un mâle sur deux. Nous espérons que l'élevage de l'an prochain sera plus nombreux et partant plus favorable pour trancher cette question.

Il paraît, en attendant, intéressant de signaler la mise au point de cette technique, qui permet d'élever des produits sans père et de traiter la question de l'hérédité du sexe par des expériences directes.

Observations à propos de la Note précédente, par M. **Maurice Caullery**.

Il est intéressant de rappeler, à propos de l'intéressante Note de M. Ch. Champy, un résultat expérimental du même ordre, sur les Batraciens. Chez les Crapauds (*Bufonidæ*) existe, à côté des glandes génitales fonctionnelles, chez le mâle comme chez la femelle, un organe connu depuis longtemps, l'organe de Bidder, qui a la structure d'un ovaire rudimentaire, dont les ovules régressent régulièrement sans jamais élaborer

de vitellus. Or, en pratiquant la castration, c'est-à-dire en enlevant les testicules ou ovaires fonctionnels, Harms [1], puis Mlle Kitty Ponse [2], ont vu l'organe de Bidder, ne subissant plus l'inhibition des gonades fonctionnelles, évoluer cette fois en un ovaire, dont les ovules mûrissent, tandis que les oviductes se développent chez le mâle opéré, qui s'est ainsi transformé en une femelle capable de pondre.

Les auteurs cités ont pu faire féconder les ovules de l'organe de Bidder chez le mâle castré par des spermatozoïdes d'un mâle normal, obtenant ainsi de jeunes crapauds ayant deux pères et pas de mère, cas inverse de celui réalisé par M. Champy chez la poule. Il y a aussi, dans ce cas, des anomalies statistiques quant au sexe des produits ainsi obtenus. Harms a observé une proportion de 2 ♂ : 1 ♀ (184 individus examinés histologiquement), au lieu de 1 ♂ : 1 ♀ ; Mlle Ponse, sur plus de 400 jeunes crapauds (issus de plusieurs pontes), *n'a obtenu absolument que des mâles*. En discutant ces résultats, elle émet finalement l'hypothèse que tous ces individus pourraient provenir d'œufs où le spermatozoïde fécondateur n'aurait pas participé à la constitution du noyau définitif, qui serait cependant diploïde (*gynogenèse*) [3].

La séance est levée à 15h20m.

A. Lx.

---

[1] *Zeit. ges. Anat.*, 69, 1923, p. 598-629.
[2] *Proc. 2d Intern. Congr. for Sex-research*, 1930, p. 202-210.
[3] Cf. Rostand, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 902.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1939.

Publications du Muséum national d'histoire naturelle. La vie et l'œuvre de René Desfontaines, par Auguste Chevalier. Paris, Éditions du Muséum, 1939; 1 vol. 25cm.

American mathematical Society Colloquium Publications. Vol. XXIII. *Orthogonal Polynomials*, par Gabor Szegö. New-York, American mathematical Society, 1939, 1 vol. 26cm.

Academia da Ciências de Lisboa. Sôbre o paralelismo de curvas e superficies, par Pedro José Da Cunha. Lisboa, 1936; 1 vol. 19cm,5.

Id. *Novas considerações sôbre o paralelismo de curvas e superficies*, par Pedro José Da Cunha. Lisboa, 1938; 1 vol. 19cm,5.

Id. *Aplicacões da teoria do paralelismo das curvas torsas*, par Pedro José Da Cunha. Lisboa, 1939; 1 vol. 19cm,5.

IV Congresso internazionale di Patologia comparata. IIe Volume : *Atti e Communicazioni. Roma*, 15-20 *maggio* 1939-XVII. Milano, Industrie grafiche Italiane Stucchi, 1939-XVII; 1 vol. 25cm.

1830-1930. Collection du Centenaire de l'Algérie. Études scientifiques et mise en valeur. *Géologie appliquée de l'Algérie. Métallogénie, Hydrogéologie, Agrogéologie*, par M. Dalloni. Paris, Masson et Cie, et Alger, La Typo-Litho et Jules Carbonel réunis. 1933; 1 vol. 24cm.
